



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**



Instituto de  
Posgrado

**INSTITUTO DE POSTGRADO**

**MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS**

**METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE  
IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE  
RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA**

Trabajo de Investigación previo a la obtención del Título de Magíster en Gestión Integral  
de Cuencas Hidrográficas

AUTOR: Stalin Omar Vallejos Suárez

DIRECTOR: Ing. José Raul Guzmán Paz, MSc.

ASESORA: Phd. Patricia Aguirre Mejía

IBARRA - ECUADOR

2022

Ibarra, 28 de enero de 2021

Dra. Lucía Yépez M.Sc.  
**Directora**  
**Instituto de Postgrado**

**ASUNTO:** Solicitud de Defensa del Trabajo Final de Grado

Señora Directora

Nosotros en calidad de Tutor y Asesor del Trabajo final de grado **“METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA.”** Del maestrante *Vallejos Suárez Stalin Omar* del Programa de Maestría en GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS, remitimos a usted las calificaciones obtenidas del documento escrito y la revisión de los productos de su investigación para que se disponga su asentamiento en el registro correspondiente, de acuerdo al siguiente detalle:

<b>GUZMAN PAZ, JOSE RAÚL</b>	Tutor	...(9,50).
<b>AGUIRRE MEJIA, PATRICIA MARLENE</b>	Asesor	...(8,00)....

Solicitamos, por su digno intermedio al Honorable Consejo Directivo señale el día y hora oportunos para la Defensa del Trabajo de titulación.

Atentamente,



**Tutor**



**Asesor**

VERIFICADO POR: COORDINADOR DEL PROGRAMA

*(Se verifica la entrega de los informes de revisión periódica y de culminación de trabajo de titulación, y certifico que la investigación guarda pertinencia con el Anteproyecto aprobado)*



REVISADO POR: SECRETARIA JURIDICA

*(Se verifica la entrega de documentación habilitante para la Defensa)*





**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:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1002585717		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	VALLEJOS SUAREZ STALIN OMAR		
<b>DIRECCIÓN</b>	San José de Chorlaví – Cantón Ibarra		
<b>EMAIL</b>	stalinxtrema@hotmail.com		
<b>TELÉFONO FIJO</b>		<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0980360525

<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA
<b>AUTOR (ES):</b>	VALLEJOS SUAREZ STALIN OMAR
<b>FECHA: DD/MM/AAAA</b>	05/01/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
<b>PROGRAMA DE POSGRADO</b>	MAESTRÍA EN GESTIÓN INTEGRAL DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS
<b>TITULO POR EL QUE OPTA</b>	MAGISTER
<b>DIRECTOR</b>	ING. JOSÉ GUZMÁN, MSC.

## 2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta 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 es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 22 días del mes de septiembre del año 2022

### **EL AUTOR:**

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Stalin O. Vallejos Suárez', written in a cursive style.

Firma

Nombre: VALLEJOS SUÁREZ STALIN OMAR

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación está dedicado a mi madre Magdalena, quien ha sido mi guía, fortaleza y ha estado conmigo hasta el día de hoy, y quien con su amor, esfuerzo y paciencia me han permitido cumplir hoy este sueño, gracias por inculcar en mí, el ejemplo de esfuerzo, valentía y perseverancia.

Así también a todos los docentes que han formado parte de este proceso que hoy termina, todos aportaron con un granito de arena para este trabajo de investigación, que estoy seguro servirá como una fuente de investigación para la sociedad.

Stalin Omar Vallejos Suárez

## **RECONOCIMIENTO**

A la Universidad Técnica del Norte, que me brindó la oportunidad a través de su Programa de Posgrado, para realizar mi estudio de Maestría y de la cual siempre he recibido el apoyo necesario.

A todos los docentes que formaron parte del proceso de enseñanza en los dos años de duración de la Maestría y de cada una de las clases impartidas en el día a día.

Stalin Omar Vallejos Suárez

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>APROBACIÓN DEL TUTOR .....</b>	<b>2</b>
<b>AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE .....</b>	<b>3</b>
<b>DEDICATORIA .....</b>	<b>5</b>
<b>RECONOCIMIENTO .....</b>	<b>6</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDOS .....</b>	<b>7</b>
<b>ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>12</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>13</b>
<b>ÍNDICE DE ANEXOS .....</b>	<b>14</b>
<b>ABREVIATURAS .....</b>	<b>15</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>16</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>17</b>
<b>CAPITULO I .....</b>	<b>18</b>
1. EL PROBLEMA .....	18
1.1. Problema de investigación .....	18
1.2. Preguntas directrices de la investigación .....	20
1.3. Objetivos de la investigación .....	20
1.3.1. Objetivo General.....	20
1.3.2. Objetivos específicos .....	20
1.4. Justificación.....	21
<b>CAPITULO II.....</b>	<b>23</b>
2. MARCO REFERENCIAL .....	23
2.1. Antecedentes .....	23
2.2. Referentes teóricos .....	26

2.2.1.	La cuenca hidrográfica como espacio de planificación territorial .....	26
2.2.2.	Microcuenca hidrográfica: unidades geográficas .....	27
2.2.3.	Cobertura vegetal: Análisis en cuencas hidrográficas .....	28
2.2.4.	Sensores remotos: Análisis de fotografías aéreas .....	29
2.2.5.	Plan de vuelo y captura de imágenes en la microcuenca .....	31
2.2.6.	Ordenamiento territorial y recurso hídrico .....	32
2.2.7.	Franjas de protección de los ríos: ordenamiento del territorio .....	33
2.2.8.	Metodología para procesos técnicos y tecnológicos.....	34
2.3.	Marco legal.....	36
<b>CAPITULO III .....</b>		<b>43</b>
3.	MARCO METODOLÓGICO .....	43
3.1.	Descripción del área de estudio.....	43
3.2.	Diseño y tipo de investigación .....	46
3.3.	Procedimiento de investigación .....	46
3.3.1.	Fase I: Cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones y elaboración de cartografía base.....	47
3.3.1.1.	Paso 1. Búsqueda bibliográfica, manejo y preparación de la información geográfica. ....	47
3.3.1.2.	Paso 2. Generación de cartografía temática.....	50
3.3.1.3.	Paso 3. Método fotogramétrico de obtención de imágenes con drones	51
3.3.2.	Fase II: Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví. ....	53
3.3.3.	Fase III: Propuesta metodológica de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal.....	55
3.4.	Consideraciones bioéticas .....	58
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>59</b>



4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	59
4.1.	Fase I: Cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones. ....	59
4.1.1.	Cartografía temática generada en base a información secundaria. ....	60
4.1.1.1.	Formaciones geológicas.....	60
4.1.1.2.	Geomorfología .....	63
4.1.1.3.	Ecosistemas.....	66
4.1.1.4.	Áreas de conservación .....	69
4.1.1.5.	Concesiones de agua.....	72
4.1.1.6.	Información Climática .....	74
4.1.1.7.	Tipos de clima.....	78
4.1.1.8.	Minería.....	82
4.1.1.9.	Susceptibilidad a riesgos o peligros volcánicos.....	85
4.1.1.10.	Susceptibilidad a movimientos en masa o deslizamientos .....	88
4.1.2.	Obtención de imágenes con drones de la franja de protección del río Chorlaví. ....	91
4.2.	Fase II: Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví.....	96
4.3.	Fase III: Propuesta metodológica de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal. ....	97
4.3.1.	Reconocimiento del área de estudio .....	98
4.3.2.	Materiales y Equipos .....	100
4.3.3.	Planificación de vuelo.....	102
4.3.4.	Obtención de datos.....	105
4.3.5.	Generación de productos .....	107
5.	CONCLUSIONES.....	110

6.	RECOMENDACIONES .....	111
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	112
8.	ANEXOS .....	120
8.1.	Anexo 1. ....	120
8.2.	Anexo 2. ....	127
8.3.	Anexo 3. Ubicación de la microcuenca del río Chorlaví .....	131
8.4.	Anexo 4. Mapa base de la microcuenca del río Chorlaví.....	132
8.5.	Anexo 5. Formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví .....	133
8.6.	Anexo 6. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví .....	134
8.7.	Anexo 7. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví.....	135
8.8.	Anexo 8. Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví.....	136
8.9.	Anexo 9. Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorlaví .....	137
8.10.	Anexo 10. Temperatura de la microcuenca del río Chorlaví.....	138
8.11.	Anexo 11. Precipitación de la microcuenca del río Chorlaví.....	139
8.12.	Anexo 12. Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví .....	140
8.13.	Anexo 13. Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví .....	141
8.14.	Anexo 14. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví.....	142
8.15.	Anexo 15. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví 143	
8.16.	Anexo 16. Cobertura vegetal con la imagen generada con dron y la información del IEE, 2018 en la franja de protección del río Chorlaví.....	144



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Ubicación geográfica del Río Chorlaví.....	43
Tabla 2. Campos y variables para el establecimiento del Modelo geográfico.....	48
Tabla 3. Variables para el establecimiento del Modelo de representación.....	49
Tabla 4. Variables para el establecimiento del Modelo de almacenamiento.....	49
Tabla 5. Personas quien realizaron la encuesta.....	54
Tabla 6. Período de formación geológica de la microcuenca del río Chorlaví.....	60
Tabla 7. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví.....	63
Tabla 8. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví.....	67
Tabla 9. Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví.....	70
Tabla 10. Rangos de temperatura de la microcuenca del río Chorlaví.....	74
Tabla 11. Rangos de precipitación de la microcuenca del río Chorlaví.....	76
Tabla 12. Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví.....	78
Tabla 13. Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví.....	82
Tabla 14. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví.....	85
Tabla 15. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví.....	88

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la microcuenca del río Chorlaví.....	44
Figura 2. Mapa base de la microcuenca del río Chorlaví .....	45
Figura 3. Plan de vuelo 1 en la microcuenca del río Chorlaví.....	52
Figura 4. Plan de vuelo 2 en la microcuenca del río Chorlaví.....	52
Figura 5. Plan de vuelo 3 en la microcuenca del río Chorlaví.....	53
Figura 6. Estructura de la guía metodológica .....	57
Figura 7. Formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví.....	62
Figura 8. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví.....	65
Figura 9. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví.....	68
Figura 10. Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví.....	71
Figura 11. Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorlaví.....	73
Figura 12. Temperatura de la microcuenca del río Chorlaví.....	75
Figura 13. Precipitación de la microcuenca del río Chorlaví.....	77
Figura 14. Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví.....	81
Figura 15. Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví.....	84
Figura 16. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví.....	87
Figura 17. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví.....	90
Figura 18. Imagen obtenida con dron de la franja de protección del río Chorlaví.....	92
Figura 19. Cobertura vegetal con la imagen generada con dron y la información del IEE, 2018 en la franja de protección del río Chorlaví.....	94
Figura 20. Estructura de la Guía metodológica.....	98

## ÍNDICE DE ANEXOS

8.1.	Anexo 1. ....	120
8.2.	Anexo 2. ....	127
8.3.	Anexo 3. Ubicación de la microcuenca del río Chorlaví .....	131
8.4.	Anexo 4. Mapa base de la microcuenca del río Chorlaví.....	132
8.5.	Anexo 5. Formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví .....	133
8.6.	Anexo 6. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví .....	134
8.7.	Anexo 7. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví .....	135
8.8.	Anexo 8. Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví.....	136
8.9.	Anexo 9. Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorlaví .....	137
8.10.	Anexo 10. Temperatura de la microcuenca del río Chorlaví.....	138
8.11.	Anexo 11. Precipitación de la microcuenca del río Chorlaví.....	139
8.12.	Anexo 12. Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví .....	140
8.13.	Anexo 13. Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví .....	141
8.14.	Anexo 14. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví.....	142
8.15.	Anexo 15. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví 143	
8.16.	Anexo 16. Cobertura vegetal con la imagen generada con dron y la información del IEE, 2018 en la franja de protección del río Chorlaví.....	144

## **ABREVIATURAS**

<b>UAV</b>	Unmanned aerial vehicle (Vehículo aéreo no tripulado)
<b>NDVI</b>	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada
<b>DRONE</b>	Vehículos aéreos pilotados remotamente
<b>SENAGUA</b>	Secretaría Nacional del Agua
<b>MAE</b>	Ministerio del Ambiente del Ecuador
<b>IGM</b>	Instituto Geográfico Militar
<b>GAD</b>	Gobierno Autónomo Descentralizado
<b>USGS</b>	Servicio Geológico de los Estados Unidos, por sus siglas en inglés United States Geological Survey

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA**

**METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE  
IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE  
RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA**

**Autor:** Stalin Omar Vallejos Suárez

**Tutor:** Ing. José Guzmán, MSc.

**Año:** 2020

**RESUMEN**

Ecuador tiene como eje estratégico a la conservación de los recursos naturales en todos los ámbitos, por lo tanto, la gestión integral del recurso hídrico es indispensable, ya que se encuentran altamente afectados por problemas ambientales generados en los últimos años como consecuencia de las actividades antrópicas y la presión ejercida sobre el recurso, entre los cuales se encuentra la pérdida de cobertura vegetal y el inadecuado cumplimiento de la normativa sobre el establecimiento y tratamiento de las franjas de protección de ríos y quebradas. La investigación es de tipo cuantitativa y se estructura en tres fases: 1) Análisis de cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones y elaboración de cartografía base, mediante la comparación de información obtenida con dron y la generada por el Instituto Espacial Ecuatoriano en el año 2018; 2) Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví, a través de un instrumento aplicado a profesionales que necesitan generar información cartográfica de determinadas áreas y 3) Elaboración de una propuesta metodológica sobre el levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal en las franjas de protección de ríos y quebradas. El desarrollo del presente trabajo, permitió la integración de una propuesta metodológica donde las imágenes aéreas obtenidas con dron, son una opción para el análisis de cobertura vegetal, y determinar las franjas de protección de los ríos, debido a su alta resolución, detalle y en tiempo real, con menor costo de inversión comparando con otros equipos. La propuesta metodológica para el análisis de cobertura vegetal mediante imágenes obtenidas con drones en franjas de protección de ríos comprende cinco pasos principales, siendo el reconocimiento del área de estudio usando un software disponible en la web, luego se preparan los materiales y equipos, principalmente la estructura del dron, cantidad y estado de las baterías y los medios de almacenamiento, seguidamente se elabora la planificación del vuelo con el uso del software compatible con la unidad, para luego pasar a la obtención directa de datos y fotografías en campo con la ejecución del vuelo fotogramétrico, apoyándose con equipos GPS para mejorar la precisión, y posteriormente realizar el procesamiento computarizado y obtener el mosaico georreferenciado que se utilizarán en los análisis de información enfocado en la gestión y conservación de la cobertura vegetal y del recurso hídrico. Esta metodología se elaboró considerando factores climáticos y características irregulares del territorio ecuatoriano, facilitando procesos para próximos estudios.

**Palabras clave:** dron, cobertura vegetal, franjas de protección, guía metodológica, cuenca hidrográfica.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
INSTITUTO DE POSGRADO  
PROGRAMA DE MAESTRÍA**

**METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE  
IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE  
RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA**

**Autor:** Stalin Omar Vallejos Suárez

**Tutor:** Ing. José Guzmán, MSc.

**Año:** 2020

**ABSTRACT**

Ecuador has as a strategic axis the conservation of natural resources in all areas, therefore, the integral management of water resources is essential, since they are highly affected by environmental problems generated in recent years as a result of anthropic activities. and the pressure exerted on the resource, among which is the loss of vegetation cover and non-compliance with the regulations on the establishment and treatment of protection strips of rivers and streams. The research is quantitative and is structured in three phases: 1) Analysis of current vegetation cover of the river protection strip using information obtained with drones and elaboration of base cartography, by comparing information obtained with drone and that generated by the Ecuadorian Space Institute in 2018; 2) Evaluation of the technical and economic factors for the use of the images obtained with drones in the protection strip of the Chorlaví River, through an instrument applied to professionals who need to generate cartographic information of certain areas and 3) Preparation of a proposal methodology on the collection of images obtained with drones for the analysis of vegetation cover in the protection strips of rivers and streams. The development of the present work allowed the integration of a methodological proposal where aerial images obtained with drone are an option for the analysis of vegetation cover, and to determine the protection strips of rivers, due to their high resolution, detail and in real time, with lower investment cost compared to other equipment. The methodological proposal for the analysis of vegetation cover using images obtained with drones in river protection strips comprises five main steps, being the recognition of the study area using software available on the web, then the materials and equipment are prepared, mainly the structure of the drone, quantity and status of the batteries and storage media, then the flight planning is elaborated with the use of the software compatible with the unit, and then proceeds to the direct obtaining of data and photographs in the field with the execution of the Photogrammetric flight, relying on GPS equipment to improve precision, and subsequently carry out computerized processing and obtain the georeferenced mosaic that will be used in the information analysis focused on the management and conservation of vegetation cover and water resources. This methodology was developed considering climatic factors and irregular characteristics of the Ecuadorian territory, facilitating processes for future studies.

**Palabras clave:** drone, cobertura vegetal, franjas de protección, guía metodológica, cuenca hidrográfica.

## **CAPITULO I**

### **1. EL PROBLEMA**

#### **1.1. Problema de investigación**

A nivel mundial, el monitoreo de cambios de cobertura vegetal y uso de suelo permite estudiar el estado de las coberturas que se encuentran en un territorio, en la actualidad se están realizando monitores con análisis de imágenes de satélite de baja resolución espacial (250 metros) y alta temporalidad (cada 16 días). Es importante evaluar la exactitud de las detecciones correspondientes a cambios de cobertura realizando procesos detallados de validación y verificación en campo, para tener mayor veracidad en los resultados de dichos análisis; lo que resulta complicado y tiene un costo alto. En este sentido se está utilizando drones UAV (Unidades Autónomas de vuelo) como alternativa de validación, a partir de ello se logra capturar imágenes de alta calidad las cuales son utilizadas para validar el cambio dado por el satélite, determinar el tipo de cobertura presente y los cambios que se han realizado a partir de un año determinado sin una metodología establecida (Paz, 2017).

La pérdida de la cobertura vegetal es uno de los eventos más impactantes a nivel global, pues no solo altera el ciclo hidrológico, sino que produce serios problemas de erosión, salinización, pérdida de productividad primaria y disminución de la capacidad de infiltración de agua para la recarga de acuíferos, relacionados al impacto negativo que estos cambios generan, la pérdida de recursos naturales y de fertilidad de los suelos, así como la disminución en la productividad de los ecosistemas conducen a la pobreza y degradación ambiental. Así también, la disminución de medios económicos conduce a los dueños de los terrenos a seguir impactando los ecosistemas naturales, por otro les impide capitalizarse para mejorar sus

sistemas productivos actuales fortaleciendo así el proceso de desertificación (Morales Hernández & Carrillo González, 2016)

En el Ecuador, la percepción remota permite el estudio de la cubierta terrestre, facilitando la observación de áreas de estudio mediante las imágenes de los satélites que son capturadas a través de los sensores que cuentan con características variables tales como: tipo de órbita, resolución temporal, altura a la que se encuentra, resolución espectral, entre otras. Es utilizada en diversas actividades: minería, industria petrolera, urbanismo, hidrología, oceanografía, meteorología, agricultura e ingeniería ambiental, entre otras; en todas ellas se puede encontrar aplicaciones para la detección de ciertos elementos de interés, catalogar los usos de suelo y estudios de la flora y el agua, y en el caso particular del agua la determinación de su calidad, fuentes de contaminación no puntuales, erosión y estado trófico (Domínguez, 2012).

Los ríos son uno de los ecosistemas más afectados por las actividades que realiza el ser humano, debido a cambios en el uso de suelo en las zonas ribereñas que generan diversos efectos como el aumento de los procesos de erosión del suelo, aumento de materia orgánica que ingresa a los sistemas acuáticos, arrastre de sedimentos, eutrofización, contaminación por actividades antrópicas, entre otros, todas estas actividades se aceleran por aspectos como el tipo de suelo, pendiente del sitio, geología y precipitación, entre otros, por ello es necesario evaluar las condiciones de los mismos y su entorno en todos los aspectos, así también caracterizar la cobertura vegetal dentro de la franja de protección a lo largo del río Chorlaví.

Ojeda (2016) afirma que el uso de drones es una técnica reciente, que genera imágenes de un área, permite conocer la topografía y cambios que se realizan en la superficie, así también tiene un potencial en aplicaciones como estudio de vegetación natural, alteraciones que se producen en la superficie del terreno debido a minerales que se encuentran en el subsuelo y análisis geomorfológico. Las imágenes que se obtienen de sensores remotos presentan varios problemas como la nubosidad, por lo tanto, la realización de un estudio con drones en la microcuenca del río Chorlaví, y su procesamiento en el país permite una mayor comprensión de la información para su interpretación.

Las instituciones responsables de la planificación territorial y la conservación de los recursos naturales, es decir: los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales, Ministerio del Ambiente y Agua, entre otros; cuentan con los equipos y personal suficiente para realizar el levantamiento de información sobre las franjas de protección de ríos mediante el uso de drones, sin embargo, carecen de una metodología adecuada que les permita realizar estos procesos técnicos, para que pueda ser aplicada posteriormente en actividades de investigación en todos los niveles educativos y de entidades dedicadas a la conservación de los recursos naturales y que pueda ser útil para la sociedad en general.

## **1.2. Preguntas directrices de la investigación**

¿Cuáles son las condiciones que deben reunir las imágenes obtenidas de drones para el análisis de cobertura vegetal?

¿Cuál es la metodología de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal en franjas de protección de ríos, caso: Río Chorlaví en la Ciudad de Ibarra?

¿Cuáles son las características que debe tener una guía metodológica para el estudio de cobertura vegetal en las franjas de protección de los ríos?

## **1.3. Objetivos de la investigación**

### **1.3.1. Objetivo General**

- Proponer una metodología para el análisis de cobertura vegetal mediante imágenes obtenidas con drones en franjas de protección de ríos. Caso: Río Chorlaví, Ciudad de Ibarra.

### **1.3.2. Objetivos específicos**

- Analizar la cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones.

- Evaluar los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví.
- Diseñar una metodología de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal en franjas de protección de ríos.

#### **1.4. Justificación**

En la microcuenca del río Chorlaví del cantón Ibarra, existe alta influencia de actividades antrópicas con fines de producción agrícola y pecuaria, por lo que es una necesidad de los habitantes y propietarios de los predios que se encuentran en las franjas laterales del río, que se realicen estudios sobre el estado de conservación de las áreas de influencia directa del río y de la cantidad de agua proveniente de la microcuenca, que abastece del recurso hídrico para consumo humano y para otros usos de los agricultores de la zona. Además, es importante determinar el método de obtención de imágenes aéreas por sensores remotos, con base en la determinación de características esenciales que permitan obtener la mejor calidad de imágenes para la realización de estudios y análisis de estado de conservación de la vegetación en el área estudiada.

El fenómeno de expansión urbanística se ha incrementado exponencialmente debido al crecimiento poblacional, generando un impacto ambiental considerable sobre los ecosistemas que rodean los asentamientos humanos. La conversión de extensiones que previamente eran bosques, sabanas, suelos de uso rural o agrícola hacia las urbes, dejan en evidencia el gran cambio de las coberturas y los numerosos efectos sobre los sistemas ecológicos naturales y su estructura (Araya, Habtu, Hadgu, & Kebede, 2010).

Las franjas de protección constituyen formas de protección del dominio hídrico público y, singularmente, de las fuentes de agua, las servidumbres de uso público, las zonas de protección hídrica y las zonas de restricción. El Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, considerado como la Autoridad Única del Agua emitirá los criterios técnicos para la delimitación de las servidumbres de uso público, zonas de restricción y zonas de protección hídrica, ésta última en coordinación con la Autoridad Ambiental.

Los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales tienen la competencia del ordenamiento territorial, incluyendo la gestión y manejo de las franjas de protección de ríos y quebradas, lo que les permite emitir regulaciones y ordenanzas encaminadas a cumplir con lo establecido en el Código Orgánico de Ordenamiento Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD, 2008), así como también con la Ley de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión de Suelo (LOOTUGS, 2019), estableciendo una clasificación del suelo con sus respectivos tratamientos para cada actividad.

La investigación responde al Artículo 86 de la (Constitución Política de la República del Ecuador, 2008), Capítulo Cinco de los Derechos Colectivos, donde se establece: El Estado protegerá el derecho de la población a vivir en un medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice un desarrollo sustentable. Velará para que este derecho no sea afectado y garantizará la preservación de la naturaleza.

Así también, el Artículo 87 menciona que “la ley tipificará las infracciones y determinará los procedimientos para establecer responsabilidades administrativas, civiles y penales que correspondan a las personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, por las acciones u omisiones en contra de las normas de protección al medio ambiente” (Constitución Política de la República del Ecuador, 2008)

Además, la investigación contribuirá al Objetivo 3 del Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 el cual señala “Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones”. Así también, será un aporte al Objetivo 6 el cual hace referencia “Desarrollar las capacidades productivas y del entorno para lograr la soberanía alimentaria y el Buen Vivir Rural” (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2017). Dentro del contexto, el estudio se enmarca en dos líneas de investigación: Biotecnología, energía y recursos naturales renovables; y gestión, producción, productividad, innovación, y desarrollo socioeconómico, establecidas por la Universidad Técnica del Norte (2016).

## **CAPITULO II**

### **2. MARCO REFERENCIAL**

En este capítulo se presentan las teorías y los antecedentes de apoyo a la investigación el cual comprende los antecedentes, marco teórico y marco legal.

#### **2.1. Antecedentes**

Según Achicanoy (2018) la expansión urbana genera impactos ambientales que degradan los ecosistemas naturales, cambiando su estructura y función. En este trabajo se desarrollaron lineamientos metodológicos mediante el uso de herramientas geográficas y teledetección para la detección de cambios, el modelamiento y proyección de la expansión urbana y el cambio de coberturas vegetales. En el Ecuador existe la posibilidad de tomar fotografías aéreas de áreas específicas de vegetación para determinar ciertas características como: salud, densidad, cobertura, etc. Estas imágenes tienen relativamente un bajo costo y poseen una resolución espacial de hasta 20 centímetros. Por lo que, para las aplicaciones de áreas específicas, este tipo de tecnología brinda una opción completamente viable.

Pérez (2012) señala en su investigación de identificación de ecosistemas en la Provincia de Napo - Ecuador mediante el análisis digital de imágenes satelitales, donde uno de los objetivos es evaluar la exactitud de clasificación de cada una de las imágenes, mediante la matriz de confusión y el coeficiente Kappa, arrojó como uno de sus resultados que, los vacíos de información que no lograron ser llenados con otras imágenes o con información recolectada en el campo, se aplicó la metodología de vecindad, es decir que las áreas sin información fueron absorbidos por sus vecinos próximos.

Ruales (2018) llevó a cabo la investigación sobre la pertinencia del uso de drones en la caracterización geo espacial del módulo dos en la junta de agua de riego de la comuna Morlán en Imbabura. El objetivo principal fue contrastar técnica y económicamente los levantamientos topográficos convencional y con el uso de drones. Reporta entre sus resultados, que el uso de ortofotos y modelos digitales de elevación obtenidos con drones, son de gran valor en estudios de ingeniería, pudiendo emplearse en campos como: vulnerabilidad a riesgos, hidrológicos, agrícolas, de ingeniería civil, o en propuestas de ordenamiento territorial que garanticen un adecuado uso de los recursos agua y suelo, realizando un aprovechamiento sostenible.

A través del tiempo, desde que el acceso a imágenes satelitales dejó de ser restringido y se convirtió en información de libre acceso, se ha evidenciado, que la mayoría de los proyectos se han desarrollado en base a dichas imágenes satelitales y de radar. Principalmente los problemas se derivan en la calidad del pixel de las imágenes, la nubosidad presente en los sitios de estudio, lo que interfiere principalmente en los resultados de zonificación y caracterización de las áreas. Ante esta situación, se presenta la necesidad de mejorar la calidad de las imágenes, de tal manera que se logre que la información sea totalmente confiable y de fácil acceso, para tener un referente a nivel parroquial, cantonal y nacional.

En la actualidad la utilidad de imágenes aéreas obtenidas con drones para analizar, procesar y visualizar la cobertura vegetal; proporciona una adecuada georreferenciación de los parches de vegetación, demostrando ser muy beneficiosa, en cuanto ayuda a las personas que hacen uso de los espacios analizados, aumentando en ciertos casos la producción, reduciendo los costos y administrando sus tierras de manera más eficiente.

El área de conservación ecológica del Taita Imbabura ha sido afectada por actividades de origen antrópico que han producido alteración de la cobertura vegetal por diferentes causas tales como: incendios y disminución de los relictos de bosque nativo por avance de la frontera agrícola, considerando de vital importancia la cobertura vegetal existente que permite el almacenamiento de agua para abastecer a las poblaciones de las partes bajas de los cantones de Ibarra, Antonio Ante y Otavalo. Así también es importante mencionar que esta área tiene



una incidencia muy alta en la vida cultural de la población indígena y su cosmovisión andina, siendo ícono de la cultura de la provincia, sin embargo, la cobertura vegetal se ve amenazada por la influencia de la población y la presión que ejerce sobre los ecosistemas.

El uso de imágenes satelitales en el estudio de cobertura vegetal en zonas andinas, como es el caso del sector del río Chorlaví, ha sido realizado durante mucho tiempo, y se han aplicado modelos de interpretación y de traslape de dichas imágenes, con lo cual los resultados de información tienen que ser validados en campo con procesos de georreferenciación y con modelos de determinación supervisada de imágenes. En la actualidad, algunas instituciones recurren al uso de la tecnología drone para la obtención de los productos cartográficos, sin embargo, su uso no ha tenido la suficiente aplicación, considerando que es una tecnología nueva y no se dispone de la suficiente información técnica que facilite el proceso de trabajo y el correcto uso de los equipos.

## **2.2. Referentes teóricos**

### **2.2.1. La cuenca hidrográfica como espacio de planificación territorial**

La cuenca hidrográfica es un espacio geográfico donde grupos y comunidades comparten tradiciones, culturas, el día a día; y socializan entre sus poblaciones y el trabajo lo realizan en función de la disponibilidad de recursos renovables y no renovables, la cuenca es un espacio territorial donde se desarrolla el ciclo hidrológico, interactuando el factor económico, social y ecológico; tomando en cuenta que en la parte alta se encuentran las áreas de conservación y protección, en la parte media de la cuenca se inician las actividades antrópicas, y finalmente en la zona baja éstas actividades van en aumento (Villagómez, 2013).

Se puede definir a una cuenca hidrográfica como el área natural en donde se realizan varios procesos de acumulación de agua que provienen específicamente de las precipitaciones formando un cauce o río principal, la cual ésta dividida por la divisoria de agua, la formación son de origen natural y se definen por los puntos más altos que componen el río principal y los cursos de agua en sus diferentes órdenes que finalmente desembocan en él, formando así una unidad fisiográfica, que actualmente se utiliza en los procesos de planificación territorial (Rodríguez, 2006).

La cuenca hidrográfica funciona como una unidad o espacio geográfico, donde todos los elementos que la integran son interdependientes, e interactúan con otras cuencas, con el fin de obtener procesos de relaciones entre el ámbito social y natural. En términos generales, la cuenca hidrográfica es un sistema productor de recursos naturales, bienes y servicios ambientales o ecosistémicos, de energía, materiales e información, y finalmente el manejo que se hace al interior de la cuenca hidrográfica (García, 2012).

Para la presente investigación se asume el concepto de cuenca hidrográfica como el área geográfica por donde pasa o transita el agua hacia una corriente principal, hasta llegar a un punto común de salida, en el que ocurre el ciclo hidrológico; siendo la unidad geográfica más funcional para administrar el agua.

En una cuenca hidrográfica los grupos y comunidades comparten costumbres y tradiciones que son parte de su cultura, sin dejar de lado la disponibilidad de recursos naturales considerando el cuidado y conservación que permitan la supervivencia de las especies de los ecosistemas, sin dejar de lado el enfoque económico, social y político que interactúan uno con otro para lograr un adecuado proceso de gestión del agua.

La cuenca hidrográfica está delimitada por la línea divisoria de aguas o conocida como línea de cumbres y se encuentra definida por tres zonas; 1) zona alta con pendientes marcadas en laderas y montañas en la que se observa pequeñas vertientes de agua, 2) zona media con presencia de tierras de menor pendiente y valles, en la que se evidencia un crecimiento poblacional marcado que conlleva al aumento de actividades antrópicas y por ende el área donde se generan más impactos a la naturaleza, en esta zona las vertientes de la zona alta van aumentando el caudal convirtiéndose en ríos de orden más alto, y 3) zona baja en la que se genera más contaminación a causa de procesos industriales, evacuación de aguas servidas, inadecuado tratamiento de basura que se genera; entre otras, en la cual el ser humano es el principal causante debido a su asentamiento en tierras planas de la cuenca hidrográfica (Solano, 2011).

### **2.2.2. Microcuenca hidrográfica: unidades geográficas**

Una microcuenca se define como las unidades geográficas que buscan apoyarse en el concepto hidrológico de división del territorio, varios procesos se encuentran asociados al recurso hídrico tales como: calidad, escorrentía, sedimentación y erosión hídrica que tienen influencia directa en el área definida como microcuenca. Adicionalmente a la escala de trabajo y al detalle de la topografía y con la ayuda de información ráster con modelos digitales de elevación se delimitan las microcuencas de acuerdo a varios criterios de área mínima y variaciones en las elevaciones, pendiente y micro relieve. Además, la delimitación de microcuencas permite realizar un ordenamiento territorial desde la perspectiva de los recursos hídricos lo que conlleva a establecer las necesidades de infraestructura y equipamientos de las poblaciones ubicadas en cada microcuenca (World Vision, 2016).

Es importante resaltar la necesidad de considerar a la microcuenca bajo un enfoque social, económico, funcional, territorial e hidrológico que normalmente se realiza; la microcuenca se define como una pequeña unidad geográfica siendo el lugar donde viven las familias y utilizan y manejan los recursos disponibles, principalmente el suelo, agua y vegetación. Todas las microcuencas poseen un área que tienen prioridad de ser planificadas a través de la utilización de recursos locales con la intervención de las familias que son el núcleo social que comparte intereses comunes tales como: agua, servicios básicos, infraestructura y organización, entre otros. Es este sentido en una microcuenca ocurren interacciones entre los aspectos económicos relacionados a los bienes y servicios, sociales asociados a los patrones de comportamiento de las poblaciones usuarias de los recursos naturales; y ambientales vinculados al comportamiento de los recursos naturales frente a los dos aspectos anteriores (FAO, 2008).

### **2.2.3. Cobertura vegetal: Análisis en cuencas hidrográficas**

La cobertura y uso del suelo son dos elementos claves en el diagnóstico del ambiente terrestre con la naturaleza y las actividades antrópicas, este término se aplica a los objetos que se localizan sobre la superficie de la tierra y pueden ser de origen natural (bosques, glaciares, ríos y lagos, entre otros); o producidos por el ser humano (carreteras, ciudades y presas, entre otros); la cobertura vegetal está determinada por factores biofísicos, como son el clima, topografía, tipo de suelos, disponibilidad de agua y el tipo de vegetación (Pineda, 2011).

Aldás (2013) afirma que, un tipo de cobertura puede involucrar diferentes usos, tales como: el bosque puede tener usos forestales, de conservación y de investigación, así también el uso de suelo puede involucrar diferentes categorías de cobertura (por ejemplo, la actividad pecuaria se puede desarrollar en pastizales, tierras de cultivo, matorrales e inclusive bosques). Existe una relación intrínseca entre el tipo de cobertura y el uso del suelo, no es una relación única, puede ser de un tipo de cobertura a un uso específico, de un tipo de cobertura a diferentes usos, y de diferentes coberturas a diferentes usos.

La implementación de métodos para predecir la pérdida de suelo y con ello la pérdida de cobertura vegetal por erosión no ha sido muy extensa, sin embargo, se han realizado numerosas investigaciones para cuantificar la tasa de erosión bajo diferentes usos de suelo a nivel de cuenca hidrográfica y para evaluar la efectividad de diferentes coberturas vegetales en el control de los procesos erosivos en terrenos agrícolas utilizando parcelas de escurrimiento, pero pocos estudios se han enfocado a la predicción de la erosión con fines de planificación y diseño de prácticas de conservación de suelos (Borja, 1998).

En las cuencas hidrográficas es importante la cobertura del suelo la cual está representada por la vegetación, cuerpos de aguas, construcciones físicas que ha realizado el ser humano y en general los factores bióticos y abióticos que cubren la superficie de la tierra; mientras que el uso, hace referencia a cada una de las actividades que el ser humano efectúa para aprovechar los recursos naturales con el propósito de satisfacer las necesidades de alimento, vivienda y trabajo. La vegetación es la expresión fisonómica y estructural de la comunidad vegetal de un determinado sitio ante las condiciones del ambiente, lo cual incluye un conjunto de factores físicos, químicos y biológicos (Durán, 2019).

En la investigación realizada en el cantón Loja en la Subcuenca Zamora Huayco se ha obtenido como resultados que las formaciones vegetales más representativas son pastizales, bosque montano, páramo arbustivo, plantaciones de árboles de pino y sucesión de vegetación; en cuanto a la condición hidrológica en buen estado, en las partes altas están Mendieta y el Carmen; y en las partes bajas con condición hidrológica mala están la Mendieta y San Simón. De los impactos antropogénicos más relevantes se tuvo la alteración de la cubierta vegetal, incendios y explotación forestal, además los factores más afectados son la calidad y cantidad del agua y el uso del territorio (Maza, 2012).

#### **2.2.4. Sensores remotos: Análisis de fotografías aéreas**

Las imágenes de sensores remotos ofrecen una perspectiva única de la tierra, de sus recursos y del impacto que ejercen los seres humanos en ella, en un territorio se pueden reconocer diversos patrones espaciales, las imágenes de drones ayudan a este reconocimiento de

patrones y representan una valiosa herramienta para adquirir información de un fenómeno u objeto, estas imágenes se obtienen mediante sensores instalados en plataformas de vuelo no tripuladas, siendo la fuente de radiación el sol o el propio sensor (Kharuf, 2018).

La necesidad de utilizar imágenes satelitales para analizar los cambios de uso de suelo y los cambios en las coberturas vegetales se ha hecho cada vez más grande propiciando así que exista una mayor disponibilidad de estas imágenes. La NASA, junto con el gobierno de los Estados Unidos de Norte América ponen a disposición una colección de imágenes Landsat (LandsatGeoCover) de casi toda la cobertura terrestre a excepción de la Antártica, esta disponibilidad de imágenes ha permitido a diversos países entre ellos México tener insumos para realizar estudios enfocados a determinar cambios de uso de suelo (Landsat Data Continuity Mission, 2013).

La diferencia entre cada uno de los tipos de multirrotoreros es en el número de rotores que incorpora. Conforme el vehículo dispone de más rotores el impulso que generan será más estable y robusto ante cualquier tipo de agente externo, como viento o posibles obstáculos; de la misma manera cuantos más rotores el peso de la aeronave es mayor, y el consumo es también mayor por lo que se necesita baterías de mayor carga para alcanzar una autonomía aceptable. El aumento de peso aumenta también el tamaño de las hélices impulsoras por lo que la aeronave tiene que ser más grande. El aumento del número de rotores también aumenta el nivel de carga adicional que puede transportar la aeronave, a su vez, los vehículos con mayor número de rotores son menos sensibles ante el fallo de funcionamiento de unos de los motores ya que con el resto son más capaces de compensar la pérdida y poder realizar un aterrizaje de forma segura (Benito, 2015).

Para conseguir los movimientos descritos anteriormente es necesario la colocación de las hélices de forma adecuada en relación a su sentido de giro y ubicación. Para cada uno de los tipos principales de multirrotoreros hay numerosas configuraciones posibles y la elección de cada una de ellas dependerá de la función de la aeronave, en el caso de los cuadricópteros existen dos configuraciones predominantes en la colocación de los rotores con respecto al cuerpo de la aeronave, en aspa (X) y en cruz (+). La elección depende de unos cuantos

factores, si se quiere tener un rotor como referencia visual de la parte delantera de la aeronave se utiliza la configuración en cruz, no obstante, si se quiere disponer de una cámara que enfoque una vista frontal la colocación del rotor en esta parte podría ser perjudicial por lo que se opta por un diseño en aspa (Ferrer, 2015).

### **2.2.5. Plan de vuelo y captura de imágenes en la microcuenca**

Diaz (2015) se refiere a plan de vuelo como la información especificada respecto a un vuelo proyectado o a parte de un vuelo de una aeronave, se somete a las dependencias de los servicios de tránsito aéreo. Estas especificaciones figuran en los documentos informativos del reglamento de circulación aérea español.

Para elaborar un plan de vuelo se necesitan un conjunto de elementos configurables formado por su estación de pilotaje remoto asociada (RPS – Remote Pilot Station), el sistema requerido de enlace de mando y control, y cualquier otro elemento requerido en cualquier punto durante la operación del vuelo. Los drones o aeronaves no tripuladas son, ante todo, aeronaves, y por tanto están sujetas a las mismas reglas y limitaciones que las aeronaves tripuladas. En esencia solo existen cuatro modos posibles de operación en cuanto a la forma de pilotar una aeronave de forma remota, con un grado de automatización creciente (Organización de Aviación Civil Internacional, 2020).

Los modos de operación del dron son los que se indican a continuación:

- J) **Modo de operación manual:** en este modo, el piloto remoto actúa sobre las superficies de control y la potencia del motor o motores, a través de un radiocontrol emisor.
- J) **Modo de operación asistido:** es similar al modo manual, pero el piloto remoto no actúa directamente sobre las superficies de control o los motores, sino que indica sus intenciones (girar a la derecha y subir, entre otros) en su puesto de radiocontrol y actúa un autopiloto que las transforma en actuaciones sobre las superficies de control o los motores que consigan ese propósito.

- J) **Modo automático:** el piloto remoto establece un plan de vuelo, es decir, un cierto número de puntos de paso antes de iniciar el vuelo. La aeronave cuenta con un autopiloto que ejecuta el plan realizado y de forma automática las acciones requeridas en cada momento. Sin embargo, el piloto mantiene el control en todo momento, pudiendo modificar los puntos de paso durante el vuelo que se realiza.
- J) **Modo autónomo:** generalmente es similar al modo anterior, se establece un plan de vuelo, pero una vez iniciado el vuelo la aeronave ejecuta el plan de forma totalmente autónoma, sin necesidad de tener la intervención del piloto. En el futuro es posible que se elimine la necesidad de introducir plan de vuelo alguno, sino que la aeronave simplemente realice el vuelo establecido (Ledesma, 2019).

#### 2.2.6. Ordenamiento territorial y recurso hídrico

Ordenamiento territorial es el proceso y resultado de organizar espacial y funcionalmente las actividades y recursos que se encuentran en el territorio, para viabilizar la aplicación y concreción de políticas públicas democráticas y participativas y con ello facilitar el logro de los objetivos de desarrollo planteados, y debe constar en los planes de desarrollo y ordenamiento territorial de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, considerandos obligatorios. El ordenamiento territorial tiene como objetivo el uso racional y sostenible de los recursos en un territorio determinado (Planifica Ecuador, 2018).

El Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (2015) en el Capítulo II del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019; Categorías de ordenamiento territorial, hace referencia a las áreas de protección y conservación de ecosistemas lacustres, fluviales y quebradas, enfatizando en las zonas donde existe la presencia de lagos, ríos y drenajes, así como las franjas paralelas de influencia, en las que por seguridad, no se permite la edificación de viviendas, con ello se define como política pública: “promover programas públicos de mejoramiento de calidad ambiental y conservar y manejar en forma sustentable el Patrimonio Natural y su biodiversidad”.



En lo referente a áreas de conservación y protección de ecosistemas frágiles vitales y mejoramiento de servicios, se menciona que son áreas identificadas como zonas de conservación total, en virtud de que son sitios de recursos naturales estratégicos que garantizan la supervivencia del ser humano, debido a que aquí se encuentran las extensiones de páramo y de bosque, donde se concentran las fuentes de agua del cantón, por lo tanto se determina que la política pública se basa en “Garantizar la protección de los recursos naturales y la diversidad biológica a través de la implementación de estrategias y mecanismos adecuados para reducir el grado de contaminación ambiental en el cantón” (*op.cit.*).

### **2.2.7. Franjas de protección de los ríos: ordenamiento del territorio**

La Autoridad Única del Agua, previo dictamen emitido por la Autoridad Ambiental Nacional, establecerá y delimitará las áreas de protección hídrica que sean necesarias para el mantenimiento y conservación de las fuentes de agua que son utilizadas para consumo humano y uso agrícola y pecuario. En las áreas de protección hídrica así establecidas para la conservación y protección de fuentes de agua no se permiten usos tradicionales no consuntivos, de recreación o esparcimiento, así como tampoco se podrá autorizar ningún tipo de actividad productiva, extractiva o de riesgo ambiental que pueda contaminar el agua y sus fuentes, así también se debe considerar los usos espirituales de pueblos y nacionalidades como parte de la cultura de los mismos (Secretaría del Agua, 2014).

Se pueden observar varias afectaciones que tienen los ríos debido a la pérdida de las franjas de protección, en el sector rural es común encontrar un paisaje de monocultivos sembrados en las riberas de los ríos, y en el sector urbano el crecimiento poblacional y otros factores han permitido cimentaciones en las riberas de los ríos lo que genera como consecuencia riesgos a las personas que habitan en dichos sectores. Por lo tanto, es necesario conocer la normativa que rige las medidas adecuadas establecidas bajo ordenanzas que deben ser difundidas en todos los ámbitos y controlar el cumplimiento de la misma desde las competencias de cada entidad pública. El agua es indispensable para la vida, cuidar las microcuencas es fundamental y complementariamente la calidad de agua que llega para los diferentes usos (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2016).

En lo referente a áreas de conservación y protección de ecosistemas frágiles vitales y mejoramiento de servicios, se menciona que son áreas identificadas como zonas de conservación total, en virtud de que son sitios de recursos naturales estratégicos que garantizan la supervivencia del ser humano, debido a que aquí se encuentran las extensiones de páramo y de bosque, donde se concentran las fuentes de agua del cantón, por lo tanto se determina que la política pública se basa en “Garantizar la protección de los recursos naturales y la diversidad biológica a través de la implementación de estrategias y mecanismos adecuados para reducir el grado de contaminación ambiental en el cantón” (Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra, 2015)

Todos los referentes teóricos descritos anteriormente son la base para la investigación, debido a que a través del conocimiento se puede interpretar de manera adecuada la normativa actual que se aplica a las franjas de protección de los ríos, y con ello realizar un proceso adecuado de manejo integral de cuencas hidrográficas como un sistema, en el que intervienen las entradas, interacciones que se desarrollan en el mismo y las salidas que son los resultados de los procesos que se realizan.

#### **2.2.8. Metodología para procesos técnicos y tecnológicos**

Las aplicaciones con drones requieren equipos multidisciplinarios durante todo el proceso que incluye desde el armado del vehículo, planificación y ejecución de la misión, descarga y procesamiento de imágenes, hasta finalmente generar los productos cartográficos o extraer la información espacial de interés. El vertiginoso desarrollo de la tecnología de drones requiere, además, una importante adecuación institucional, motivada por la naturaleza y la alta especialización de estas nuevas tecnologías. La formación de recursos humanos, desarrollo de capacidades de trabajo en equipo y nuevos enfoques para la difusión y capacitación son requisitos indispensables para lograr que tecnologías innovadoras puedan impactar efectivamente a gran escala en la ingeniería sobre todo la relacionada al sector hídrico (Ojeda, 2016).

Según Aguilera (2013), la importancia de una aplicación metodológica de los procesos técnicos en la utilización de herramientas tiene que fortalecerse para que consoliden un lugar claro en el proceso de planificación territorial y gestión del recurso hídrico. El mundo ha cambiado y por tanto todas las actividades deben cumplir con una metodología pertinente a la implicación de la nueva tecnología y sus procesos. Es necesario destacar que el conocimiento metodológico de los procesos implica la revisión de los métodos que se utilizan para investigar los problemas y realidades. No existen métodos infalibles; por ello es importante su análisis para localizar las fortalezas que deben aumentarse y eliminar las debilidades que limitan su eficacia.

El conocimiento de las nuevas tecnologías no es concluyente, sino que forma parte de desafíos que se deben encarar para validar su vigencia, más aún en un tiempo que, como el actual, no tiene punto de reposo, sino que está en constante transformación. Es importante que las comunidades académicas y profesionales tengan como tarea que el debate sobre la metodología en los procesos tecnológicos sea más frecuente. De otro modo, el estancamiento es un riesgo que puede ser realidad, cuando las herramientas para construir y reproducir el conocimiento no ingresan a fase de revisión que permita validar su eficacia conceptual y aplicada (Bachelard, 2009).

Riaño (2018) afirma que el diseño de un vuelo fotogramétrico tiene como fin representar sobre un mapa con una escala adecuada las líneas de vuelo que se deben seguir, los puntos de captura de las imágenes y la altura de vuelo. El correcto diseño del plan de vuelo mejora la precisión de la información abstraída de los terrenos, la cual finalmente se verá reflejada en los productos finales de los vuelos, como los Ortomosaicos, Modelos Digitales del Terreno, curvas de nivel, nubes de puntos densas, entre otros. Los vuelos fotogramétricos deben tener una secuencia lógica, y el cálculo de sus parámetros van en función del tipo de terreno donde se van a realizar.

### **2.3. Marco legal**

En la Constitución de la República del Ecuador (2008), en el Título VII que se refiere al Régimen del Buen Vivir Capítulo Segundo, Sección Sexta, referente al uso del agua en el Art. 411 menciona que:

El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua. La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (p. 196).

Así también en el Art. 412 menciona que:

La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico” (p. 196).

En lo que se refiere al Reglamento a la Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua (2009), en el Título Primero, Autoridad Única del Agua hace referencia en el Art. 2 que:

La autoridad única del agua es la Secretaría del Agua, dirigida por el Sistema Nacional Estratégico del Agua y es persona jurídica de derecho público. Su gestión será desconcentrada en el territorio y se basará en el criterio de respeto a la cuenca hidrográfica. Corresponde a la Secretaría del Agua la rectoría, planificación y gestión de los recursos hídricos. Sus competencias son las establecidas en el artículo 18 de la Ley. Su gestión será desconcentrada en el territorio y se basará en el criterio de respeto a la cuenca hidrográfica. A la Secretaría del Agua está adscrita la Agencia de Regulación y Control del Agua. Cuenta para su actuación con la Empresa Pública del Agua (p. 2).

El Art. 5 menciona que:

La planificación hídrica y la gestión del agua serán llevadas a cabo por la Secretaría del Agua tomando como base territorial la Demarcación Hidrográfica que se constituirá por la agrupación de cuencas hidrográficas vecinas”. Así mismo, en el Art. 7 recalca que “La Secretaría del Agua aprobará la delimitación concreta de las cuencas hidrográficas y su posible agrupación, a efectos de planificación hídrica y gestión del agua, así como para la atribución de las aguas subterráneas a la cuenca que corresponda, en Demarcaciones Hidrográficas (p. 2).

Así también, en el Libro Segundo, Título Primero, Capítulo Primero, en el Art. 53 sobre las clases de bienes dentro del dominio hídrico público, menciona que:

El dominio hídrico público se compone de elementos naturales, que son los que corresponden a bienes que la naturaleza proporciona sin intervención del ser humano, y de elementos artificiales, que son los que proceden de la actuación del ser humano que modifica la naturaleza mediante la realización de obras o infraestructuras hidráulicas (p. 18).

El Art. 54 sobre el dominio hídrico público natural y artificial menciona que:

De conformidad con el artículo 10 de la Ley, el dominio hídrico público está constituido por los siguientes elementos naturales:

- a) Las aguas superficiales, entendiéndose por tales las que forman los ríos, lagos, lagunas, humedales, nevados, glaciares y caídas naturales;
- b) Las aguas subterráneas;
- c) Los acuíferos, a los efectos de protección y disposición de los recursos hídricos que contienen;
- d) Las fuentes de agua, entendiéndose por tales las nacientes de los ríos y de sus afluentes manantiales o nacientes naturales en los que brotan a la superficie las aguas subterráneas o

aquellas que se recogen en su inicio de la escorrentía

e) Los álveos o cauces naturales;

f) Los lechos y subsuelos de los ríos, lagos, lagunas y embalses superficiales en cauces naturales;

g) Las riberas;

h) La conformación geomorfológica de las cuencas hidrográficas, y de sus desembocaduras;

i) Los humedales marinos costeros y aguas costeras; y

j) Las aguas procedentes de la desalinización de agua de mar hidráulicas (p. 18).

El Art. 58 hace referencia a las riberas de los ríos:

Las riberas son las fajas naturales de los álveos o cauces naturales situadas por encima del nivel de aguas bajas. Las riberas forman parte del dominio hídrico público. Se denominan márgenes a los terrenos que lindan con los cauces. La Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano correspondiente, mediante un procedimiento administrativo fijará la extensión de los márgenes de las riberas, contando con la correspondiente documentación técnica y en el que se dará audiencia por quince días plazo a los titulares de los terrenos que puedan resultar afectados para que puedan presentar alegaciones. Una vez examinadas las alegaciones, la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el responsable del Centro de Atención al Ciudadano emitirá la resolución correspondiente y oficiará a los Gobiernos Autónomos Descentralizados para que la tengan en cuenta en su política de ordenamiento territorial. La resolución será notificada a los titulares de los terrenos vecinos siendo susceptible de los recursos establecidos en el Estatuto del Régimen Jurídico y Administrativo de la Función Ejecutiva (p. 19).

El Art. 63 hace referencia a las Zonas de Protección Hídrica y menciona lo siguiente:

Definición y Funcionalidad. – de conformidad con lo regulado en el artículo 13 de la Ley, para la protección de las aguas que circulan por los cauces y de los ecosistemas asociados, así como de la que se recoja en los embalses superficiales, se establece una zona de protección hídrica. En dicha zona se condicionará el uso del suelo y las actividades que en ella se desarrollen (p. 21).

Las finalidades a cumplir por las zonas de protección hídrica son:

- a) La preservación del estado del dominio hídrico público y la prevención del deterioro de los ecosistemas asociados contribuyendo a su mejora; y,
- b) La protección del régimen de las corrientes en avenidas, favoreciendo la función de los terrenos colindantes con los cauces en la laminación de caudales y la carga sólida transportada (p. 21).

En el Art. 64 señala que:

Zonas de Protección Hídrica: Extensión y Modificación. - la zona de protección hídrica tendrá una extensión de 100 metros de anchura medidos horizontalmente a partir del cauce o de la máxima extensión ordinaria de la lámina de agua en los embalses superficiales, pudiéndose variar por razones topográficas, hidrográficas u otras que determine la Autoridad Única del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional. La extensión indicada podrá modificarse en las siguientes circunstancias:

- a) En las zonas próximas a la desembocadura de los cursos de agua en el mar;
- b) En el entorno inmediato de los embalses; y,
- c) Cuando las condiciones topográficas o hidrográficas de los cauces y márgenes lo hagan necesario para la seguridad de personas y bienes (p. 22).

En este sentido, la modificación exigirá la práctica de un procedimiento administrativo que iniciará la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano correspondiente,

de oficio o a petición de parte legitimada. Al expediente se incorporará la documentación técnica que haya servido de base para la apertura de oficio del procedimiento o la que aporte el solicitante y se dará audiencia de los titulares de los terrenos afectados y de los Gobiernos Autónomos Descentralizados de la correspondiente área por plazo de quince días. La resolución será emitida la Autoridad de Demarcación Hidrográfica o el Responsable Técnico del Centro de Atención al Ciudadano correspondiente (p. 22).

El procedimiento administrativo tendrá una duración máxima de tres meses. En los casos en que el trámite se inicie a petición de parte, el plazo antes mencionado se contará a partir de la fecha de ingreso de la solicitud al órgano competente para su tramitación, cumpliendo todos los requisitos previstos para el efecto. La falta de resolución en ese tiempo a los procedimientos iniciados a petición de parte, se entenderá como favorable a la solicitud presentada. Si el procedimiento se iniciare de oficio, caducará por el transcurso de dicho plazo (p. 22).

Así también, en el Capítulo Quinto de la Constitución de la República del Ecuador (2009) en el que se refiere a los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, en el Artículo 318 establece lo siguiente:

El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua. La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias. El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios. El Estado, a través de la autoridad



única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley (p. 150).

Cabe mencionar que en el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria “TULAS” (2017), el Ministerio del Ambiente en calidad de Autoridad Nacional Ambiental, define como objetivo:

Mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentablemente las cuencas hidrográficas”. Por otro lado, en el Art 14 de la Ley Forestal del Ecuador en su Capítulo V referente a las plantaciones forestales, menciona que: para la forestación y reforestación se deberá tomar en cuenta entre otras, la siguiente prioridad: “En cuencas de alimentación de manantiales, corrientes y fuentes que abastezcan de agua”.

De acuerdo con lo establecido en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización “COOTAD” (2010), determina las competencias exclusivas, concurrentes y compartidas de los Gobiernos Autónomos Descentralizados, donde se incluyen los GAD’S Municipales. Así también, se establece normativas y obligaciones para ejercer estas competencias, administrar su patrimonio, en los que se determina cuáles son los bienes públicos y su uso. En el caso de bordes de quebradas, taludes y esteros, en el Artículo 63 se describe lo siguiente:

“Por ningún motivo se autorizarán ni se regularizarán asentamientos humanos en zonas de riesgo y en general en zonas en las cuales se pone en peligro la integridad o la vida de las personas”, y establece la obligatoriedad de los GAD Municipales a actuar en lo referente a Riesgos por Susceptibilidad a Movimientos en Masa y Susceptibilidad a Inundaciones apegado a los documentos cartográficos oficiales generados por la SGR y los utilizará para

la identificación de amenazas, la determinación de niveles de riesgo para zonificación territorial y ubicación de asentamientos humanos.

Así también en el Código Orgánico Integral Penal (2015) se tipifica delitos contra el ambiente, se protege y se ratifica los derechos de la Pacha Mama, concordante a lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador (2008). Se establecen delitos contra la biodiversidad, invasión de áreas de importancia ecológica, incendios forestales, contra quien atente contra la flora y fauna silvestres y contra los recursos del patrimonio genético nacional. Se tipifica delitos contra el agua, el suelo y contaminación del aire, manejo de sustancias peligrosas. Así también define a la Autoridad Ambiental, esto exigiría que exista una total coordinación con otros organismos que están relacionados para hacer un eficiente manejo y control ambiental en general y en los bordes, quebradas, taludes y esteros o cuerpos hídricos, en particular, absolutamente sensibles y por su importancia ecosistémica.

Finalmente, el marco legal está enfocado al objetivo 3 del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra (2015) que hace referencia a: “Conservar y manejar los recursos naturales en forma sostenible y sustentable, fomentando la prevención, control y mitigación de la contaminación ambiental, reduciendo sus efectos, para mejorar la calidad de vida de la población, que sea incluyente y participativo en su territorio, a través de la implementación de normativa y ejercicios mancomunados”.

La normativa descrita permite conocer de manera concreta los artículos y leyes que se aplican en lo referente a porrección y conservación de fuentes de agua, en este sentido se utiliza la normativa aplicada a través de ordenanzas de los cantones Ibarra y Antonio Ante, para la definición de la franja de protección del río Chorlaví.

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo se describe las metodologías empleadas para el desarrollo de la investigación en las tres fases establecidas, para el cumplimiento de los objetivos y resolución de las preguntas de investigación planteadas en la investigación.

#### 3.1. Descripción del área de estudio

El río Chorlaví se encuentra en la parroquia de San Antonio de Ibarra, perteneciente al cantón Ibarra en la provincia de Imbabura, Zona 1 del Ecuador. Para la elaboración del mapa de ubicación se utilizó información del Instituto Geográfico Militar IGM del año 2019, información del Consejo Nacional de Límites CONALI del año 2016, teniendo capas de división política administrativa a nivel parroquial, cantonal y provincial (Figura 1). La microcuenca del río Chorlaví forma parte de la Subcuenca del río Ambi. Los límites del área de estudio se describen en la Tabla 1, en la que se indica las coordenadas en X y Y, y la altitud en msnm.

**Tabla 1.**

*Ubicación geográfica del Río Chorlaví*

<b>Límite</b>	<b>Proyección UTM</b>		<b>Altitud msnm.</b>
	<b>x</b>	<b>y</b>	
Norte	819042	10044067	1800
Sur	814756	10029383	4000
Este	820510	10036050	2480
Oeste	811541	10037876	2400

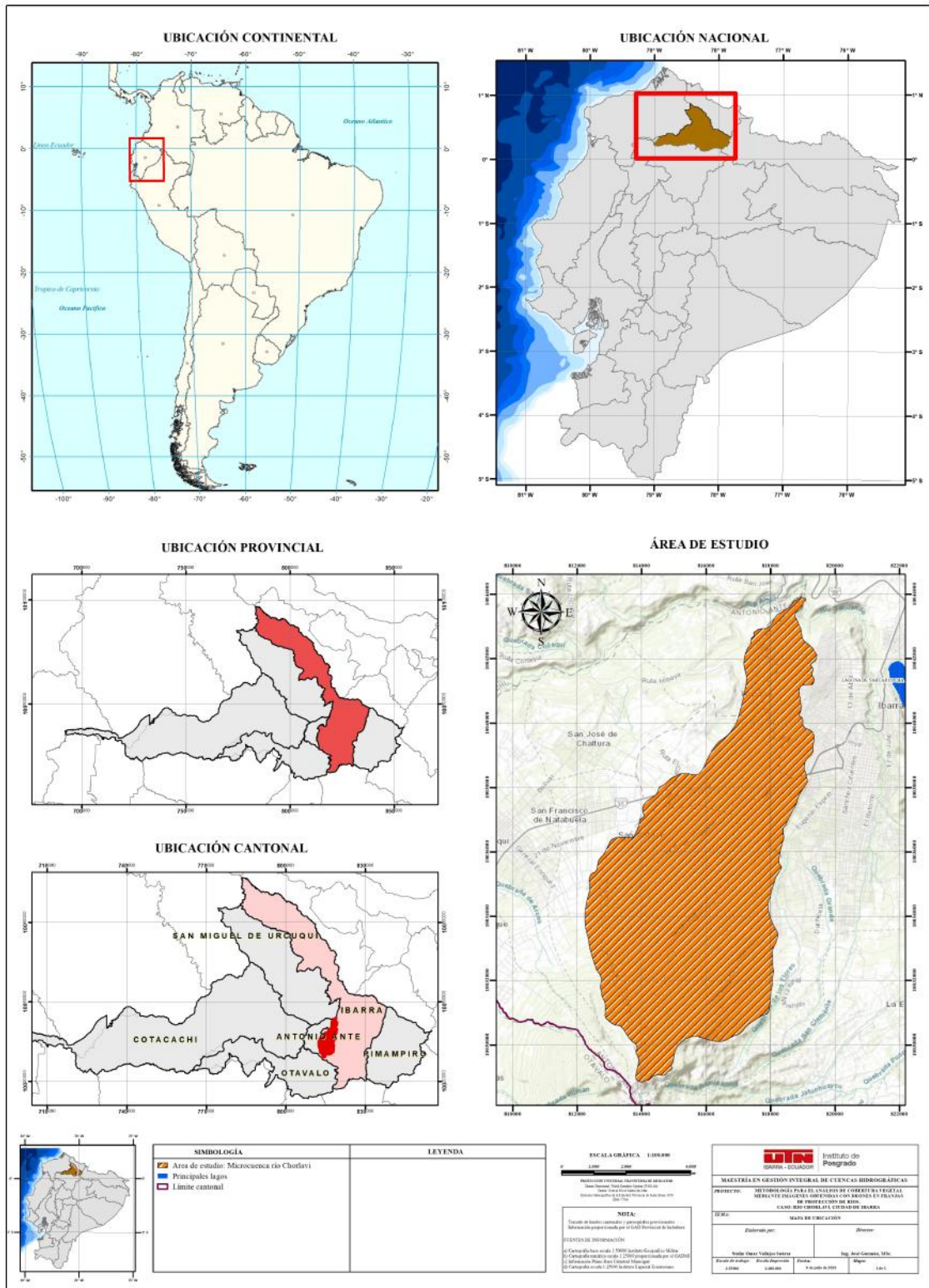


Figura 2. Ubicación de la microcuenca del río Chorlavi

Se presenta a continuación el Mapa Base de la microcuenca del río Chorlaví en el que se incluye información de: poblados, ríos, curvas de nivel, división cantonal, zona urbana, vías primarias y vías secundarias (Figura 2).

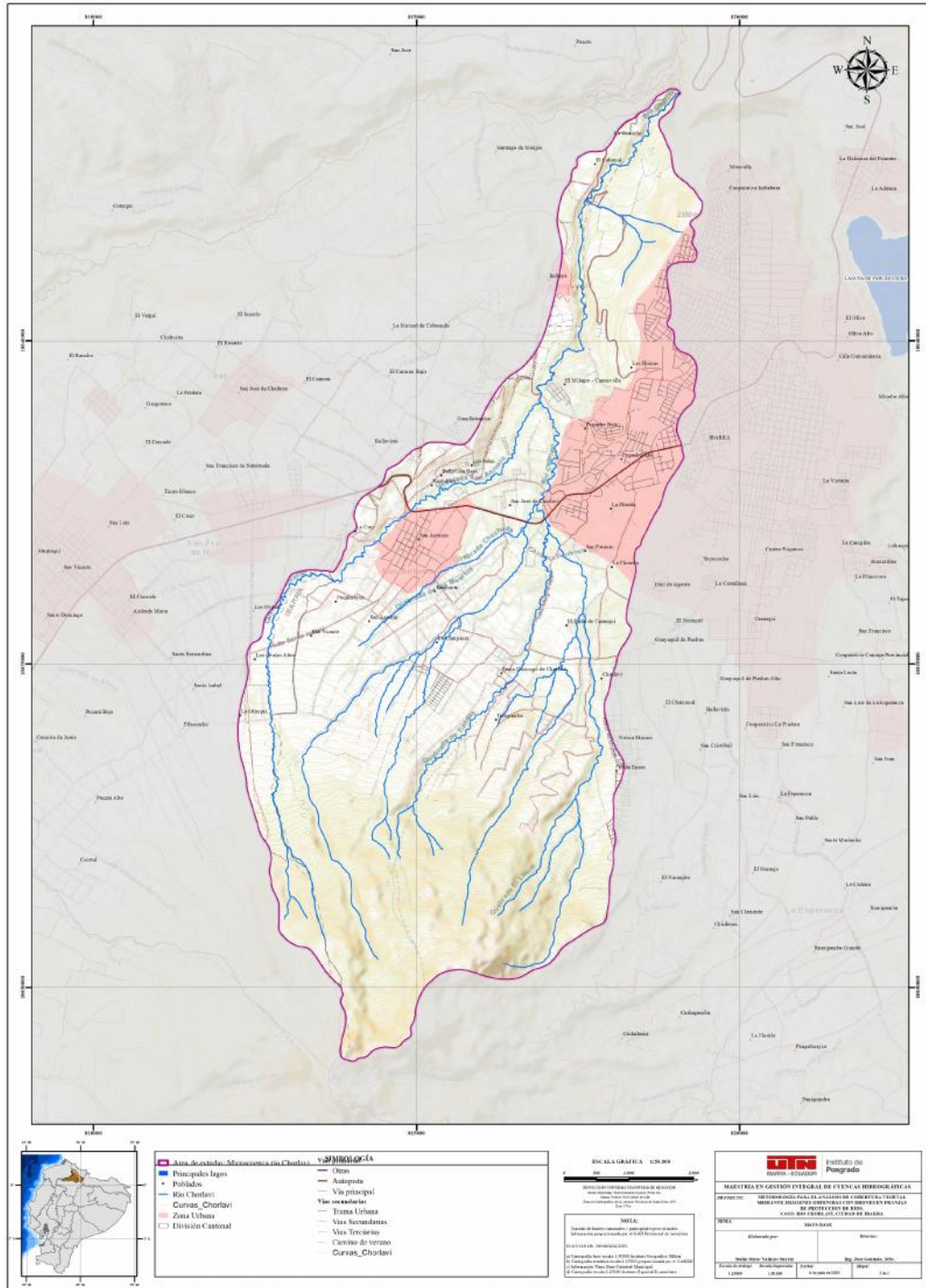


Figura 2. Mapa base de la microcuenca del río Chorlaví

### **3.2. Diseño y tipo de investigación**

Es una investigación cuantitativa en la que se recolecta datos cuantitativos y se establece una relación entre dos o más variables dentro de un público objetivo, en este proceso se utilizan lógicas, un software determinado, entre otros. En este tipo de investigación las conclusiones extraídas de la investigación se basan en el hecho de que la mayoría de los integrantes de una población tienen características similares. Los resultados que se tengan en la investigación son en beneficio de los habitantes de las franjas de protección del río Chorlaví (Monje, 2011).

Según el Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales (2016) de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador, el estudio corresponde a una investigación de campo, de tipo descriptivo y explicativo o evaluativo; ya que el análisis de problemas es de describirlos e interpretarlos, con el uso de métodos característicos de los enfoques de investigación conocidos o en desarrollo. Y de tipo descriptivo debido a que los objetivos de la investigación se enmarcan en varias situaciones a nivel local, tales como: analizar la cobertura vegetal actual de la franja de protección del río Chorlaví usando información obtenida con drones, evaluar los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví y finalmente, elaborar una propuesta metodológica del levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal en franjas de protección de ríos.

### **3.3. Procedimiento de investigación**

La identificación de la cobertura vegetal se realizó a partir de: elaboración de mapas, análisis espaciales de cobertura vegetal mediante el uso del software especializado en Sistemas de Información Geográfica versión 10.8, modelamiento y proyección de escenarios para la gestión de coberturas vegetales mediante análisis multicriterio que incluye la información generada y métricas que permiten desarrollar aproximaciones geográficas de las coberturas de la tierra (Achicanoy, 2018). La investigación se desarrolló en tres fases que se describen a continuación:

### **3.3.1. Fase I: Cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones y elaboración de cartografía base.**

Para el análisis de la cobertura vegetal actual de la franja de protección del río Chorlaví se establecen varios pasos que se describen a continuación:

#### **3.3.1.1.Paso 1. Búsqueda bibliográfica, manejo y preparación de la información geográfica.**

Consistió en realizar una búsqueda y revisión bibliográfica para el desarrollo de la investigación, mediante la identificación de libros, revistas y artículos científicos, con la finalidad de profundizar en los conceptos teóricos en temas como: Drones, Cobertura vegetal, Software libre, GPS, cuencas hidrográficas, tele operación, sensores para captura de imágenes aéreas.

Se realizó el preprocesamiento de imágenes que incluyeron una serie de técnicas orientadas a: 1.- Corregir o remover efectos en la imagen por errores del sensor o por factores ambientales, 2.- Realzar el contraste para facilitar la interpretación y 3.- Incrementar la resolución espacial para mejorar la delimitación y detección de objetos (UNODC, 2016). Para el análisis espacial y el modelamiento de coberturas, se utilizó el software ArcGis 10.8 de Esri.

Para generar la información se estableció un modelo para representar la información geográfica, a través de una serie de pasos para convertir la realidad a un conjunto de valores numéricos siendo los siguientes:

**a: Modelo geográfico:** se refiere a un modelo conceptual de la realidad geográfica y su comportamiento con la finalidad de conceptualizar el espacio en estudio, la variable tratada y la variación de esta a lo largo del espacio. Este modelo es un esquema mental que constituye una forma particular de entender el hecho geográfico en sí, pero que todavía no incorpora elementos relativos a su representación o almacenamiento. Para lo cual se seleccionó un

modelo por campos, en el que cada punto que se encuentra en el polígono del área de estudio, representa un valor de la variable en estudio como se indica en la Tabla 2.

**Tabla 2.**

*Campos y variables para el establecimiento del Modelo geográfico.*

<b>Campo</b>	<b>Variables</b>	<b>Valor</b>
Puntos	Población, puntos de referencia, localidades, inicio y fin de rutas.	Coordenada
Líneas	Distancias, tramos de un solo sentido.	Coordenada, distancia
Polilíneas	Ríos, catastro predial, uso y cobertura del suelo, representación de construcciones, zonificación.	Coordenada, sumatoria de distancias, rumbo.
Polígonos	Catastro predial, uso y cobertura del suelo, representación de construcciones, zonificación.	Áreas
Raster	Combinación de variables representadas por un color de celda.	Información gráfica, medición de bandas, medición del espectro de luz

*Fuente:* Tomado de Couclelis (1992).

**b: Modelo de representación:** es una forma de establecer el anterior modelo conceptual y sus características propias, reduciéndolo a una serie finita de elementos, con la finalidad que el registro de dichos elementos sirva para almacenar la realidad que los modelos geográficos describen. Para ello, se empleó los modelos de representación, también denominados modelos de datos (Tabla 3).



**Tabla 3.**

*Variables para el establecimiento del Modelo de representación.*

<b>Modelo de Variables representación</b>	<b>Descripción</b>
Raster	Malla de celdas Se divide la zona de estudio en una serie de unidades mínimas, en la que cada celda recoge la información requerida.
Vectorial	Puntos, líneas, polilíneas, polígonos y celdas No se determina unidades fundamentales que determinan la zona, y representa la variabilidad y características específicas a través de entidades geométricas constantes.

*Fuente:* Tomado de Couclelis (1992).

**c: Establecimiento de un modelo de almacenamiento:** un esquema de cómo almacenar los distintos elementos del modelo de representación, con la finalidad de definir la manera de escribir dichos valores en un soporte digital o guardarlos en la memoria del ordenador de la mejor manera posible (Tomlinson, 2007).

Para este paso se establecen dos criterios: minimizar el espacio ocupado por los datos y maximizar la eficiencia de los cálculos, para lo cual se definen dos modelos de almacenamiento como se indica en la Tabla 4.

**Tabla 4.**

*Variables para el establecimiento del Modelo de almacenamiento*

<b>Modelo de almacenamiento</b>	<b>Descripción</b>
Raster	Formato intuitivo para realizar operaciones de cálculos de matrices. Sencillez en la implementación ya que se puede aplicar una serie de operaciones básicas sobre ellas.

	Estructura que simplifica la implementación de operaciones Iterabilidad (refuerza y simplifica la implementación de todo tipo de procesos)
Vectorial	Ayudan a comprender la existencia de topología en una representación. Ocupan un tamaño reducido Obtención de datos más rápida Mayor eficacia y simplificación en las operaciones

*Fuente:* Tomado de Couclelis (1992).

### **3.3.1.2. Paso 2. Generación de cartografía temática.**

Para la generación de cartografía temática se utilizó diversa información disponible para cada uno de los parámetros evaluados siendo los siguientes:

- Período de formación geológica: se utilizó información de Instituto Geográfico Militar del año 2016.
- Geomorfología con información del Instituto Espacial Ecuatoriano del año 2014.
- Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví utilizando información del Ministerio del Ambiente del Ecuador del año 2016.
- Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví con información del Ministerio del Ambiente del Ecuador del año 2018
- Concesiones de agua, con base en la información de SENAGUA del año 2019
- Isotermas, isoyetas y tipos de clima, en la que se tomó de referencia la información del INAHMI del año 2013.
- Derechos mineros con la información disponible en ARCOM, generada en el año 2019.
- Peligros volcánicos, susceptibilidad a deslizamientos utilizando la información de la Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos generada en el año 2016.

La información obtenida sirvió para realizar un diagnóstico y análisis de la situación de la microcuenca del río Chorlaví y con ello poder comparar con las imágenes obtenidas posteriormente con el dron.

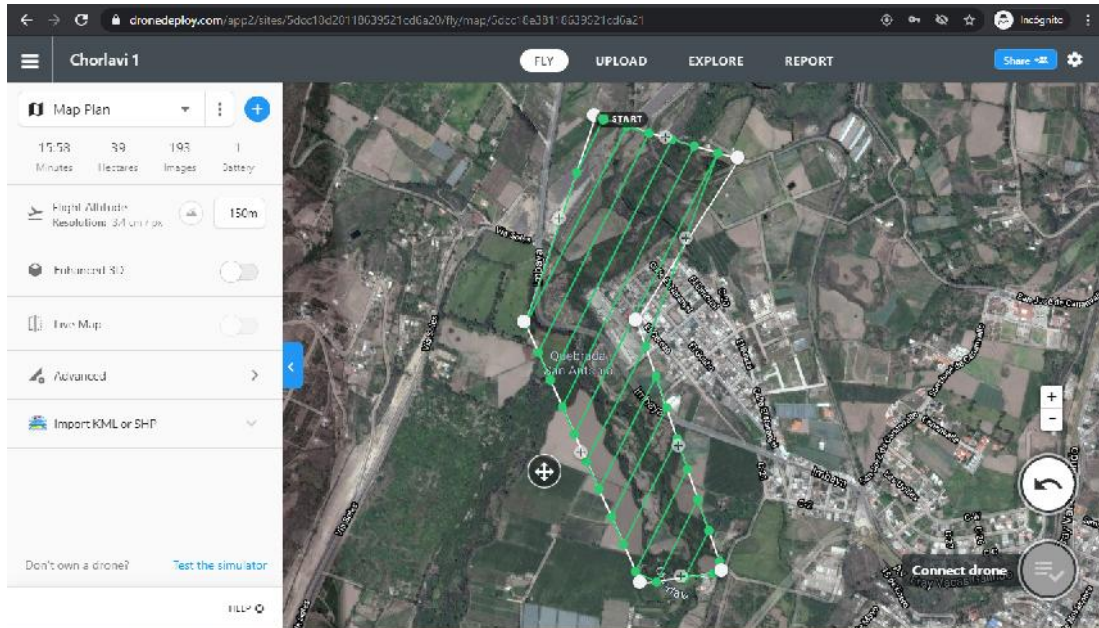
### **3.3.1.3. Paso 3. Método fotogramétrico de obtención de imágenes con drones**

La fotogrametría es un procedimiento de medida general que puede ser utilizada en multitud de ciencias y técnicas para aplicaciones de todo tipo, pero es en las aplicaciones topográficas y elaboración de mapas y planos donde se encuentra su principal interés. Con los métodos fotogramétricos se realizó la evaluación de la fotografía aérea teniendo en cuenta los puntos geodésicos de apoyo y la Norma técnica geodésica (IGM, 2016). Para el realce o mejora de imágenes después de analizar el histograma y visualizar su comportamiento se realizó el filtro de paso bajo de media para el posterior análisis, el cual permite reducir el ruido de la imagen y el relleno de píxeles con valores nulos o inexistentes (Escalante, 2016).

Se elaboró el Plan de vuelo en el Programa Dronedeploy y se planificaron tres vuelos, realizados en la primera semana del mes de junio del 2020, procurando que sea a las 12 del día, considerando que es una hora donde se encuentra menor nubosidad y el sol se presenta de manera perpendicular sobre la superficie.

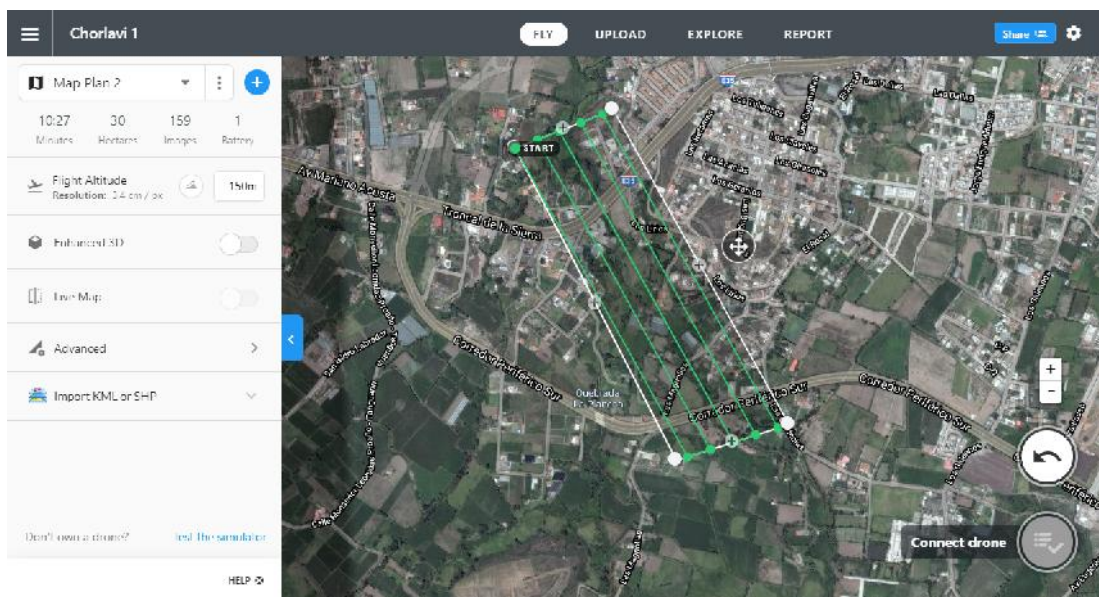
De acuerdo con la información base obtenida de todos los parámetros requeridos del paso 1 y 2, se procede a la elaboración de los tres planes de vuelo para los tres días planificados en realizar dicho trabajo, los mismos se presentan a continuación:

- **Plan de vuelo 1:** se realizó en un tiempo de 15 minutos con 58 segundos, cubriendo una superficie de 39,00 hectáreas incluido el traslape, con un total de 193 imágenes con una resolución de 3,4 cm/píxel; para lo cual se utilizó 1 batería del dron, a una altura de 150 metros. En la Figura 3 se presenta el plan de vuelo realizado.



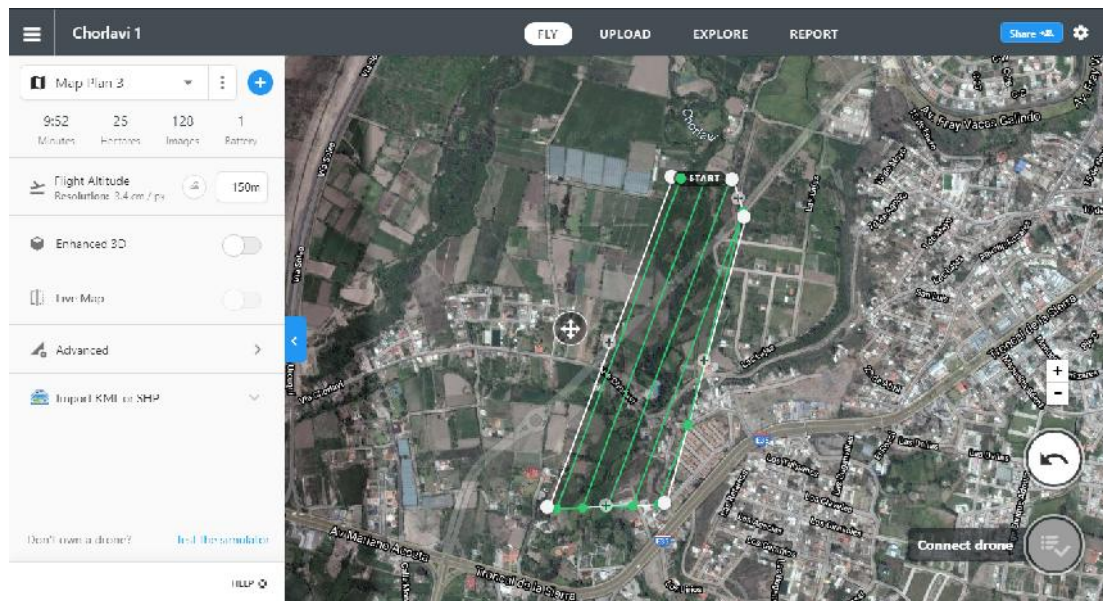
**Figura 3.** Plan de vuelo 1 en la microcuenca del río Chorlaví

- **Plan de vuelo 2:** se realizó en un tiempo de 10 minutos con 27 segundos, cubriendo una superficie de 30,00 hectáreas incluido el traslape, con un total de 159 imágenes con una resolución de 3,4 cm/píxel; para lo cual se utilizó 1 batería del drone a una altura de 150 metros. En la Figura 4 se presenta el plan de vuelo realizado.



**Figura 4.** Plan de vuelo 2 en la microcuenca del río Chorlaví

- **Plan de vuelo 3:** se realizó en un tiempo de 9 minutos con 52 segundos, cubriendo una superficie de 25,00 hectáreas incluido el traslape, con un total de 128 imágenes con una resolución de 3,4 cm/píxel; para lo cual se utilizó 1 batería del dron a una altura de 150 metros. En la Figura 5 se presenta el plan de vuelo realizado.



**Figura 5.** Plan de vuelo 3 en la microcuenca del río Chorlaví

### **3.3.2. Fase II: Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví.**

Con los resultados obtenidos de la fase I en la que se define a la imagen obtenida con dron, una de las mejores opciones para análisis de cobertura vegetal y con ello determinar las franjas de protección de los ríos, se propone realizar una encuesta con personas que requieren generar dicha información útil para la planificación de los territorios, considerando a la cuenca hidrográfica como su eje principal y la que define el manejo de los recursos naturales en concordancia con el estado de los mismos.

López (2015) refiere a la encuesta como una de las técnicas de investigación social de más extendido uso que ha trascendido el ámbito estricto de la investigación científica, para convertirse en una actividad cotidiana y de buen alcance, en la que la mayoría de

investigadores la aplican a fin de obtener información real del tema de investigación. En varios estudios o investigaciones se ha obtenido efectos positivos con la aplicación de encuestas tales como: generar información y debate social en diversos ámbitos, conocer la realidad actual de las áreas o sectores a ser analizados o estudiados, fortalecer los procesos de participación de los actores locales a fin de afianzar la participación ciudadana como eje fundamental de la investigación, en la que la población es la que define las estrategias de desarrollo en todos los ámbitos, dejando de lado la cuestión política, que es la que en la mayoría de los casos no permite el avance de la población en lo que se refiere a mejorar su calidad de vida.

Para lo cual se elaboró una encuesta en Microsoft Forms, dirigido a 5 personas que necesitan generar la información y otras que son expertos en el uso de drones para generar información cartográfica de determinadas áreas, que permitan realizar un análisis y comparación de los métodos tradicionales de obtención de información, con la obtención de imágenes aéreas a través de un dron, mismas que se indican en la Tabla 5.

**Tabla 5.**

*Personas quien realizaron la encuesta*

<b>N°</b>	<b>Nombre y Apellido</b>	<b>Institución</b>	<b>Cargo</b>
1	Ing. Wilson Reyes	WR- EMPRENDE	Consultor en planificación
2	Lcdo. Fernando Tocagón	GAD Municipal del cantón Otavalo	Director de Planificación Estratégica
3	Ing. Fausto Farinango	GAD Parroquial Rural de Angochagua	Técnico Ambiental
4	Ing. Fernando Acosta	GAD Parroquial Imbaya	Presidente
5	Arq. Galo Estévez	ESTEVEZ Consultores	Consultor de ordenamiento territorial

La encuesta se presenta como Anexo.

### **3.3.3. Fase III: Propuesta metodológica de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal.**

Se propone un procedimiento metodológico que guíe a las personas en la realización de vuelos fotogramétricos con énfasis en la determinación de franjas de protección de ríos y quebradas. Mientras más avanza la tecnología los drones son cada vez más accesibles las cámaras incluidas son ultraligeras y ofrecen mejor resolución para trabajos de baja altitud, además los avances presentados en software que utiliza algoritmos fotogramétricos, sin duda ha mejorado la producción fotogramétrica (El Meouche, Hijazi, Poncet, Abunemeh, & Rezoug, M, 2016).

Con los datos obtenidos en las fases I y II, se elaboró la guía metodológica que tiene como objetivo establecer de forma detallada, ordenada y clara los pasos que se deben seguir para realizar el levantamiento de imágenes obtenidas con drones, con ello se tiene un instrumento que sea utilizado como material de apoyo para las instituciones, Municipios o empresas interesadas en dar respuesta con enfoque realista, coherente y ordenada referente al uso de drones (Cassells, 2005).

La metodología utilizada para elaborar la Guía Metodológica implicó tres pasos:

**Paso 1.-** Se identificó y describió los procesos metodológicos a ser utilizados para elaborar la Guía Metodológica, en este paso se consideró lo siguiente:

- Identificación de los ejes de trabajo.
- Selección de variables
- Visitas a experiencias locales
- Mediciones in situ
- Revisión de instrumentos (normativas, reglamentos)
- Procesamiento y análisis de información

**Paso 2.-** Se realizó la validación y análisis de cada proceso metodológico de la guía, que describe la identificación de los actores involucrados, la importancia y el resultado obtenido por cada paso, considerando lo siguiente:

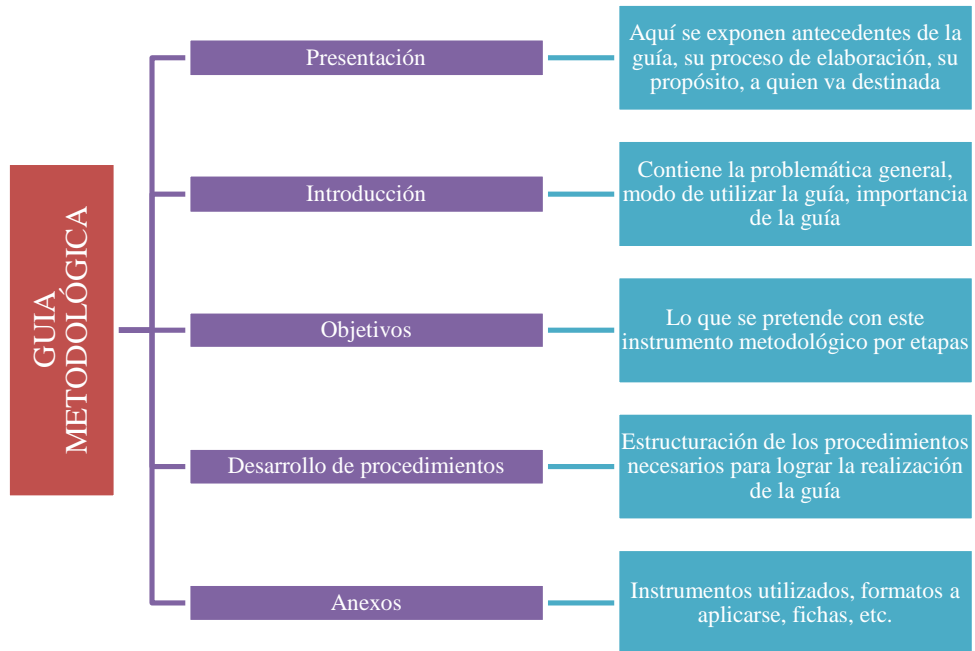
- Presentación
- Introducción
- Objetivos
- Desarrollo de procedimientos
- Anexos

**Paso 3.-** Se estableció las directrices de la Guía Metodológica que describe los contenidos que corresponden a cada eje de trabajo, teniendo en cuenta lo siguiente:

- a) Reconocimiento del área de estudio
  - Verificación de zonas de "No vuelo" en el área de estudio
  - Google Earth para selección de zona de estudio
- b) Materiales y Equipos
  - Condiciones de los equipos
  - Número y Carga de baterías
  - Verificar almacenamiento y calidad de la memoria para guardar las imágenes
- c) Planificación del vuelo
  - Condiciones temporales
  - Condiciones temporales
  - Traslape de las fotografías
  - Selección de punto de despegue y aterrizaje
- d) Obtención de datos
  - Identificación, señalización, levantamiento de vértices y puntos de control terrestre
  - Ejecución del vuelo
- e) Generación de productos
  - Proceso de Imágenes
  - Generación de Ortofoto y Modelo Digital de Elevaciones
  - Reconocimiento de las franjas de protección de ríos y quebradas



En la Figura 6 se presenta la estructura establecida de la Guía Metodológica, siendo un método indispensable de la construcción de estrategias por excelencia.



**Figura 6.** Estructura de la guía metodológica (Cassells, 2005).

### **3.4. Consideraciones bioéticas**

La información geográfica y satelital fue obtenida del Sistema Nacional de Información de la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo (disponibles al público en general en la base de datos del SNI) y de otras fuentes oficiales de información como el Instituto Geográfico Militar, pues, en relación al Acuerdo Ministerial N° 0089-2014 en su Resolución 003 los Gobiernos Autónomos Descentralizados deben utilizar esta información para sus proyectos de desarrollo.

La información utilizada acerca de la cobertura vegetal será obtenida del Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE, 2014) disponible en el Sistema Nacional de Información, de acuerdo con la superficie ocupada de la microcuenca.

## CAPITULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En este capítulo se presentan los resultados de la investigación, en la que se trabajó en 3 fases: Fase I: Cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones, Fase II: Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví, Fase III: Propuesta metodológica, conclusiones, recomendaciones.

#### **4.1. Fase I: Cobertura vegetal actual de la franja de protección del río usando información obtenida con drones.**

Las características físicas de la microcuenca del río Chorlaví influyen en el comportamiento hidrológico del área tanto a nivel de las entradas, interacciones y salidas de la microcuenca tomada como un sistema. En este sentido, el análisis de los parámetros físicos de la microcuenca es de gran utilidad práctica, ya que con base en ellos se puede lograr una transferencia de información de un sitio a otro, donde exista poca información: bien sea que falten datos, bien que haya carencia total de información de registros hidrológicos, si existe cierta semejanza geomorfológica y climática de las zonas en cuestión. Para el análisis de la franja de protección del río Chorlaví se describen la cartografía generada que consta de los siguiente:

#### 4.1.1. Cartografía temática generada en base a información secundaria.

A continuación, se presenta la cartografía temática que se generó en base a la información secundaria recolectada de los organismos encargados del ordenamiento territorial ecuatoriano.

##### 4.1.1.1. Formaciones geológicas

La descripción de la geología permitió identificar el proceso de formación, textura y estructura geológica, para así determinar el tipo de formaciones geológicas presentes en la microcuenca del río Chorlaví. La información base para este componente, surge a partir del mapa geológico nacional con información obtenida del Instituto Geográfico Militar del 2016. En el área afloran mayormente estratovolcanes de lavas dacíticas andesíticas, flujos de lava, lahares y piroclásticos, cuyas edades varían del Cuaternario y Plioceno, perteneciendo a la formación geológica de volcánicos Imbabura, como se indica en la Tabla 6.

**Tabla 6.**

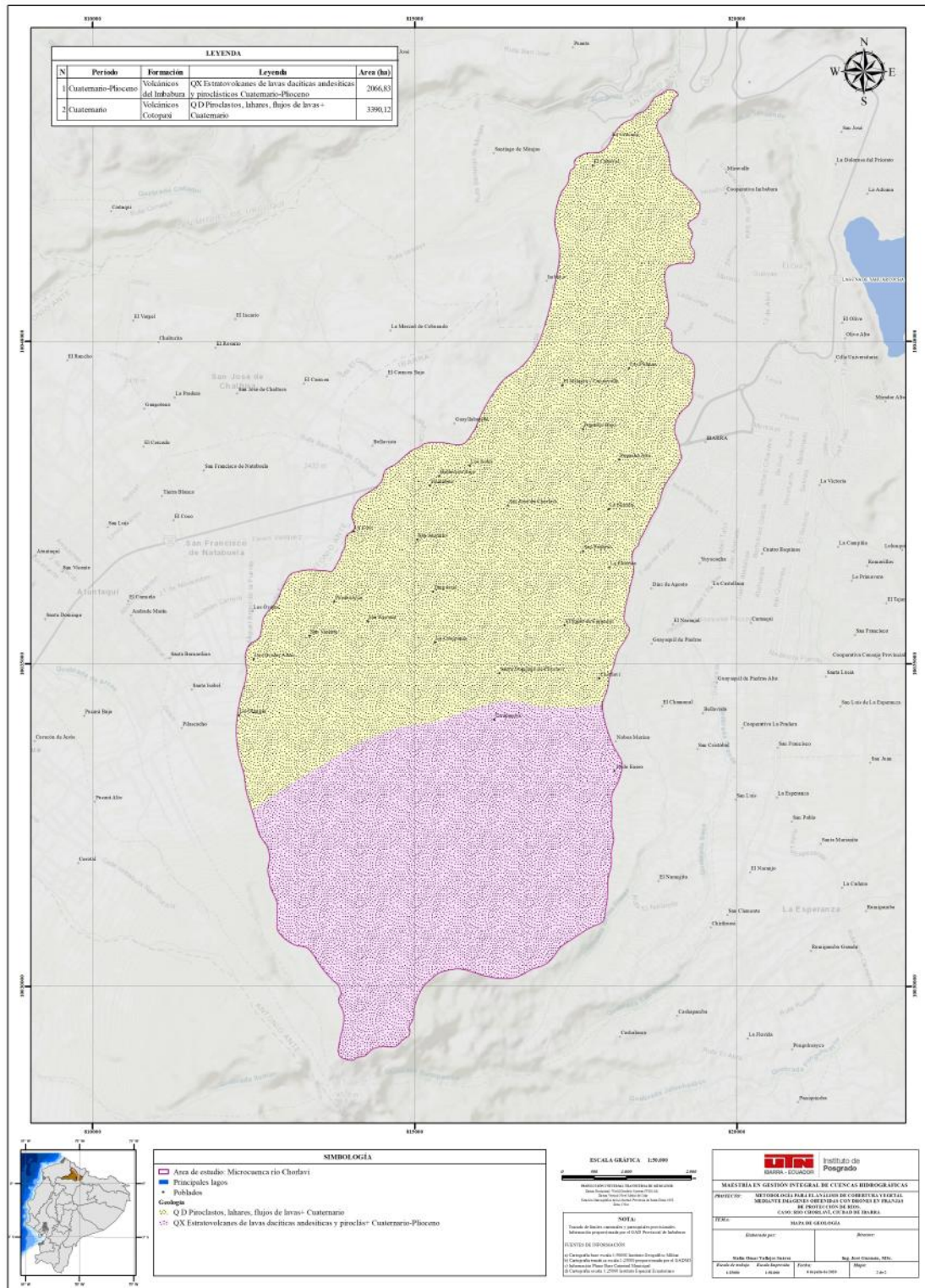
*Período de formación geológica de la microcuenca del río Chorlaví*

<b>Formación</b>	<b>Litología</b>	<b>Período</b>	<b>Leyenda</b>	<b>Área (ha)</b>
Volcánicos del Imbabura	Estratovolcanes de lavas dacíticas andesíticas y piroclásticos	de Cuaternario -Plioceno	Estratovolcanes de lavas dacíticas andesíticas y piroclásticos	2.066,83
Volcánicos Cotopaxi	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	Cuaternario	Piroclastos, lahares, flujos de lavas+ Cuaternario	3.390,12
<b>Total</b>				<b>5.456,95</b>

Fuente: IGM (2016).

- **Volcánicos del Imbabura:** Tiene su origen en el Cuaternario y está constituido de lavas, aglomerados y lahares. Las lavas son andesitas mesocráticas, compactas de grano fino a medio con fenocristales de plagioclasas y ortopiroxenos en una matriz vidriosa. Los aglomerados están constituidos por fragmentos de rocas volcánicas, redondeadas a angulares. Los depósitos laharíticos se han desplazado de las pendientes hasta las llanuras, el espesor total de los volcánicos del Imbabura sobrepasa los 700 msnm. Corresponde el 37,87% con 2.066,83 hectáreas y se encuentran en la parte alta de la microcuenca (IGM, 2016). Esto significa que la microcuenca del río Chorlaví tiene influencia de esta formación y por ello se evidencia y justifica la formación de pendientes en la franja del río Chorlaví.
- **Volcánicos Cotopaxi:** presentan información sobre algunos lahares históricos del Cotopaxi. Adicionalmente, existen testimonios de eventos laharíticos anteriores a la conquista española, presenta piroclastos primarios (tefra, flujos piroclásticos, ignimbritas) y retrabajados (Cangahua); avalanchas de escombros, lahares, flujos de lava. Se presenta en la parte media y baja de la microcuenca del río Chorlaví y representa el 62,13% (IGM, 2016).

En la Figura 7 se presenta el Mapa de formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví, en la que se observa las dos formaciones geológicas, volcánicos Imbabura en la parte alta de la microcuenca y volcánicos Cotopaxi en la parte media y baja de la microcuenca del río Chorlaví.



**Figura 7.** Formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví

#### 4.1.1.2. Geomorfología

Uno de los modelos geomorfológicos más comunes explica que las formas de la superficie terrestre son el resultado de un balance dinámico que evoluciona en el tiempo, tomando en cuenta procesos constructivos y destructivos, a esta dinámica se le conoce de manera genérica como ciclo geográfico, básicamente la geomorfología se centra en el estudio de las formas del relieve y está relacionada tanto con la geografía humana (por causa de los riesgos naturales y la relación ser humano con el ambiente) como con la geografía matemática (por causa de la topografía). En la Tabla 7 se indican las geoformas existentes en la microcuenca del río Chorlaví.

**Tabla 7.**

*Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Geoforma	Descripción	Área (ha)
1	Coluvión antiguo	Arenas de grano medio a grueso, gravas y bloques	24,22
2	Cráter	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	3,98
3	Escarpe de terraza	Arenas de grano medio a fino con intercalación de limos y gravas	0,01
4	Flancos de volcán	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	869,66
5	Flujo de piroclastos	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	347,50
6	Flujos de lava	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	1.500,86
7	Garganta	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	75,26
8	Llanura de depósitos volcánicos	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	367,58
9	No aplica	No aplica	182,68
10	Relieve volcánico colinado alto	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	35,50
11	Relieve volcánico colinado bajo	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	119,68

12	Relieve volcánico colinado medio	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	15,71
13	Relieve volcánico colinado muy bajo	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	336,41
14	Relieve volcánico montañoso	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	377,91
15	Relieve volcánico ondulado	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	794,83
16	Terraza baja y cauce actual	Arenas de grano medio a fino con intercalación de limos y gravas	1,44
17	Terraza colgada	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	1,09
18	Valle fluvial	Arenas de grano medio a fino con intercalación de limos y gravas	44,09
19	Vertiente abrupta	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	160,74
20	Vertiente de flujo de lava	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	106,28
21	Vertiente de llanura de depósitos volcánicos	Lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos	91,52
<b>Total</b>			<b>5.456,96</b>

Fuente: (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2014).

De acuerdo con los datos presentados en la Tabla anterior, se evidencia que en la mayoría de la microcuenca del río Chorlaví prevalece la geoforma de flujos de lava, representa en la microcuenca el 27,50%, seguido de la geoforma flancos de volcán y corresponde a la segunda geoforma más representativa de la microcuenca con el 15,94%; así también la geoforma de relieve volcánico ondulado con el 14,57%; las tres geoformas están conformadas por lavas andesíticas de grano fino a medio, aglomerados y flujos laharíticos. En la Figura 8 se presenta el Mapa de geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví, en la que se observa las 21 geoformas existentes en la microcuenca que influyen directamente en los procesos de erosión del suelo y formación del relieve.



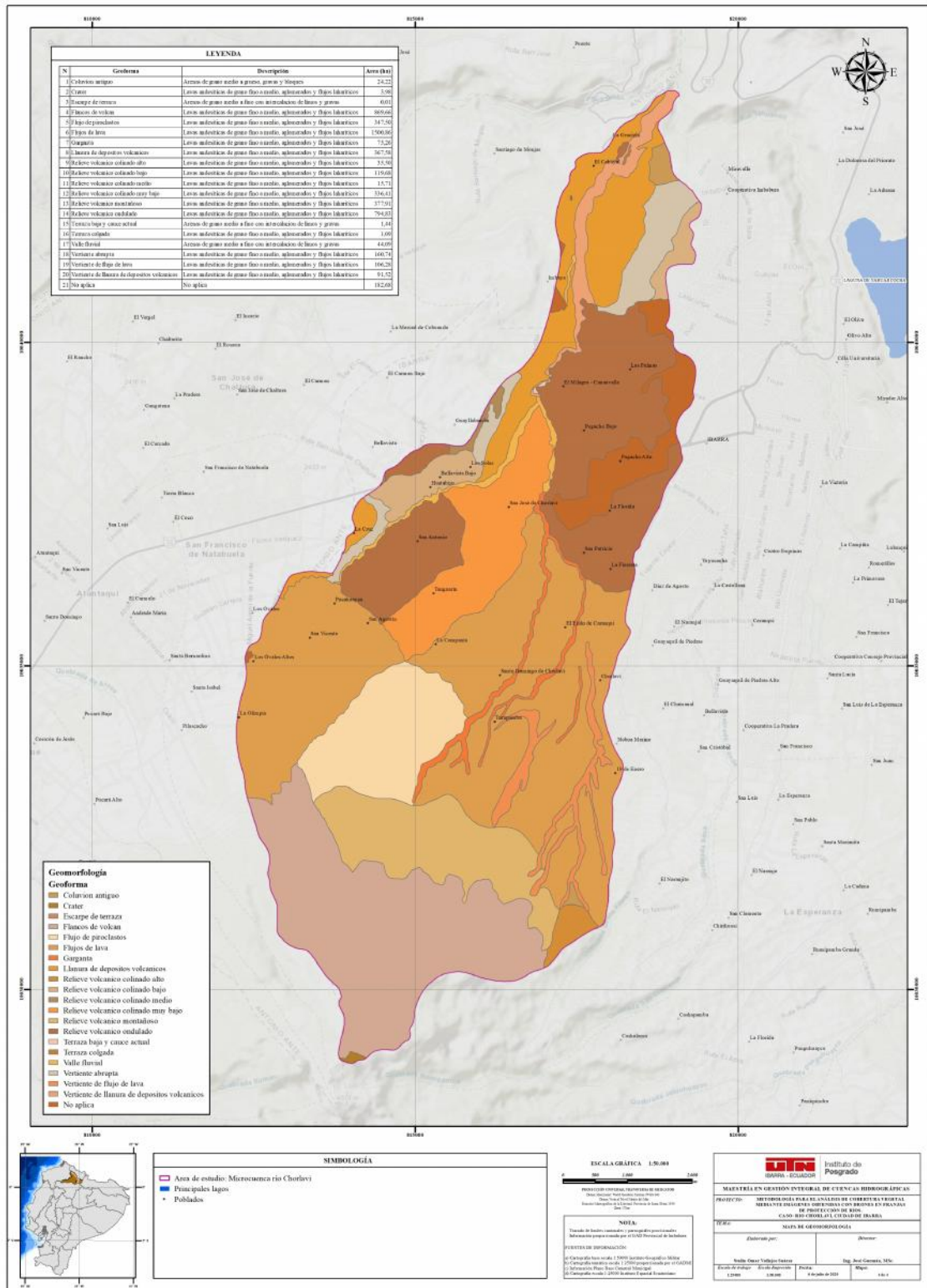


Figura 8. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlavi

#### **4.1.1.3.Ecosistemas**

Considerando al ecosistema como el conjunto de elementos abióticos y de seres vivos que interactúan entre sí, en la microcuenca se puede encontrar dos tipos de ecosistemas los terrestres y acuáticos que forman parte de los ecosistemas de hábitat para la flora y fauna presente en el territorio. La caza indiscriminada de especies de fauna silvestre, los incendios forestales y la extracción de material genético de los bosques naturales ha influido en la reducción de la abundancia de vida silvestre en el área. Una de las medidas a considerar es el control por parte de la autoridad nacional (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2018) y la concientización y sensibilización de los habitantes de la microcuenca del río Chorlaví.

De acuerdo con la clasificación de ecosistemas del Ministerio del Ambiente (2016), la microcuenca cuenta con 8 ecosistemas debidamente identificados, en la cual el 9,48% del área forma parte del ecosistema Herbazal del Páramo, el 6,60% del área tiene un ecosistema Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes, un 3,26% el ecosistema Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes, y en porcentajes bajos los demás ecosistemas que se indican en la Tabla 8. Así también, se identifican áreas de intervención con el 78,64% que corresponde a todos los sitios poblados o de asentamientos humanos presentes en el área de la microcuenca, lo que indica la gran influencia de la población en el estado de la microcuenca del río Chorlaví.

Los ecosistemas mencionados en el párrafo anterior cumplen funciones y servicios tales como:

- Proveedores de suministro de agua dulce para las poblaciones de la microcuenca media y baja del río Chorlaví.
- Regulan el flujo de agua en la microcuenca.
- Mantienen la calidad del agua para posteriormente proveer a la población.
- Suministro y protección de los recursos naturales para la población.
- Brindan protección frente a peligros naturales tales como: inundaciones, deslizamientos de tierra, entre otros.

- Conservación de la biodiversidad existente en la parte alta de la microcuenca del río Chorlaví.

Los ecosistemas se encuentran amenazados por acciones antrópicas, tales como la deforestación, cambios en los sistemas agrícolas debido a la construcción del Anillo vial y otras carreteras y caminos, contaminación, plantación de especies introducidas como el eucalipto, conflictos de uso de los recursos suelo y agua, erosión acelerada del suelo, alta presión demográfica, expansión de centros urbanos sin control, establecimiento de obras de desarrollo sin considerar la aptitud del suelo, los incendios forestales, y la falta de planificación del suelo con la finalidad de conservar las áreas productoras de agua, entre otros. Esto tiene consecuencias negativas en los ecosistemas ya que podría provocar procesos de erosión y la reducción de la productividad del suelo, sedimentación de corrientes de agua, aumento de la escorrentía, menor infiltración en las aguas subterráneas y con ello disminución de la calidad y pérdida del recurso hídrico y de biodiversidad.

**Tabla 8.**

*Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Ecosistema	Área (ha)
1	Agua	0,27
2	Arbustal siempreverde montano del norte de los Andes	177,68
3	Arbustal siempreverde y Herbazal del Páramo	37,62
4	Bosque siempreverde del Páramo	52,74
5	Bosque siempreverde montano alto de Cordillera Occidental de los Andes	359,97
6	Bosque siempreverde montano de Cordillera Occidental de los Andes	8,01
7	Bosque y Arbustal semideciduo del norte de los Valles	9,51
8	Herbazal del Páramo	517,44
9	Intervención	4.291,15
10	Otras áreas	2,56
<b>Total</b>		<b>5.456,95</b>

Fuente: (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2018)

En la Figura 9 se presenta el Mapa de ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví, en la que se observa 8 ecosistemas existentes en la microcuenca.

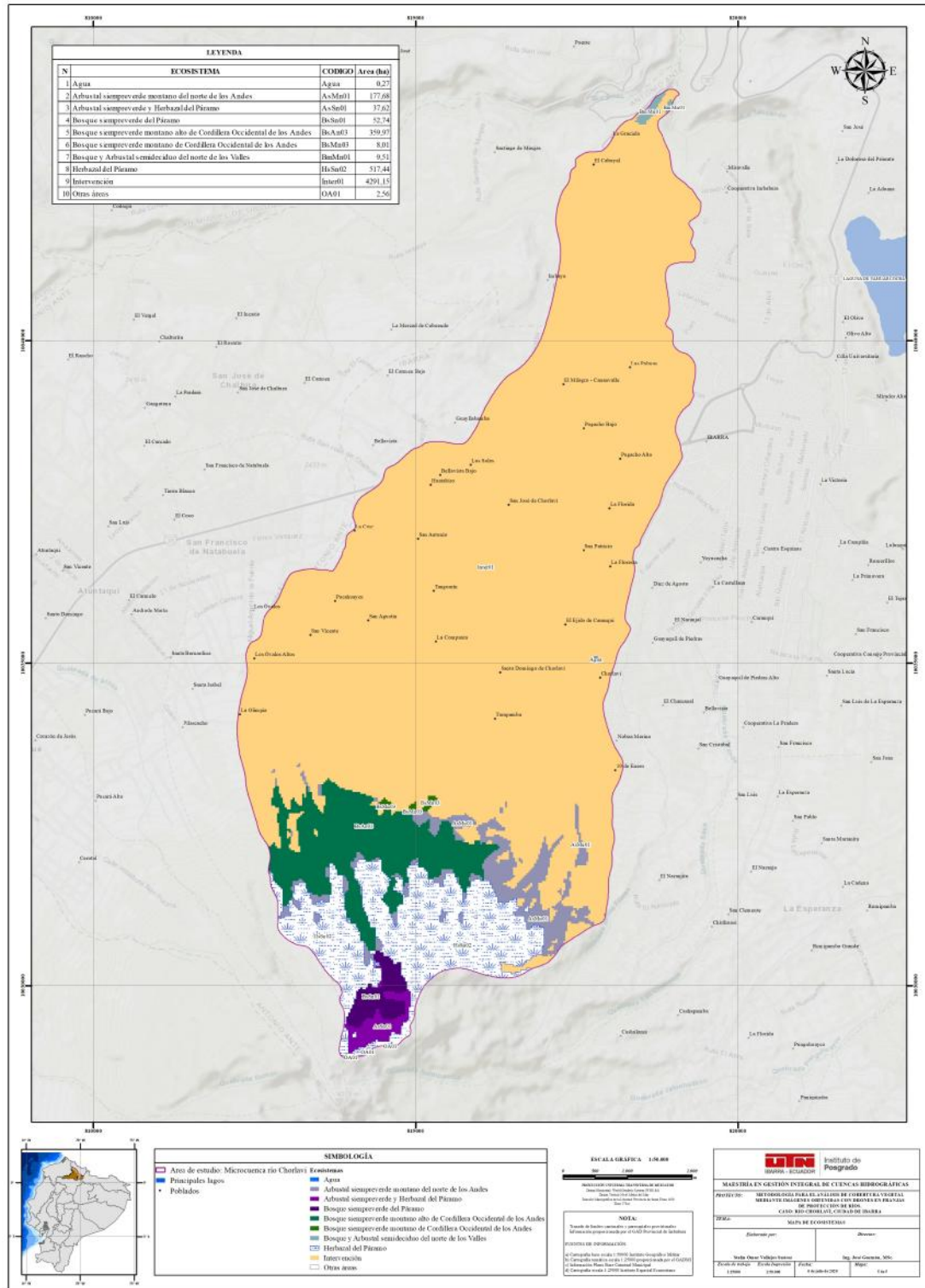


Figura 9. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví

#### **4.1.1.4. Áreas de conservación**

De manera general la provincia de Imbabura se ha caracterizado por ser un territorio amigable con el ambiente, debido a las prácticas de conservación y cuidado de los recursos naturales que se realiza en los espacios definidos para conservación y protección. La presencia del territorio bajo conservación a nivel comunitario, cantonal y regional promueve el manejo adecuado del recurso hídrico con prácticas de conservación a nivel de los cuerpos de agua y cuencas hidrográficas. Es importante mencionar que la población está incluyendo como parte de su cultura el respeto de la “Pacha mama” considerando prácticas de conservación y cuidado de los recursos naturales.

El territorio bajo conservación en la microcuenca del río Chorlaví está situado en 2 áreas bien definidas, de las cuales 1 es de tipo estatal y 1 de tipo privado como se indica en la Tabla 9. La superficie total que ocupa el territorio bajo conservación legalmente constituido, llega entre todos a sumar 1.391,82 hectáreas que se encuentran distribuidas en todos los ecosistemas naturales presentes en el área. En el Área Ecológica de Conservación Taita Imbabura se encuentran bosques y vegetación protectora, donde se realizan actividades que garantizan la conservación de los recursos naturales, y así también el uso de los recursos naturales que se realiza de una manera adecuada, ya que la población se encuentra empoderada de su cuidado y gestión a todo nivel de organización, sin embargo, la mayoría de los habitantes no cuentan con información en torno al desarrollo sostenible, especialmente en la zona urbana, por lo que se debería implementar programas de capacitación a todo nivel.

En la microcuenca del río Chorlaví se tiene varios predios que pertenecen al Programa Socio Bosque con propietarios individuales, corresponden a iniciativas privadas con un área de 80,17. La gestión de las áreas naturales se realizan de acuerdo con el nivel de gobierno en la que se encuentren, siendo responsables directos las comunidades, GAD parroquiales, el GAD Municipal en los casos que corresponda. Las medidas para reducir la presión que se ejerce sobre los recursos naturales se presentan a nivel de ordenanzas de cuidado y conservación de los mismos en el GAD Municipal de San Miguel de Ibarra y se debería promover los procesos de declaratorias de nuevas áreas de protección a nivel comunitario y Municipal.

Sin embargo, se evidencia claramente que las actividades antrópicas en el área de la microcuenca del río Chorlaví, influyen en la presencia de recursos naturales debido a la construcción de viviendas u otras obras, a pesar que existe una normativa que rige ciertos lineamientos para implantación de obras, no se ve que se está cumpliendo con dicha normativa establecida en la Ordenanza Municipal del cantón Ibarra (Ilustre Municipio de Ibarra, 2000), ocasionando con ello la pérdida de los recursos naturales presentes en el área.

**Tabla 9.**

*Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Áreas de Conservación	Área (ha)
1	Área Ecológica de Conservación Taita Imbabura	1.311,65
2	Predios del Programa Socio Bosque Individual	80,17
<b>Total</b>		<b>1.391,82</b>

Fuente: (Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, 2018)

En la Figura 10 se presenta el Mapa de áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlaví.

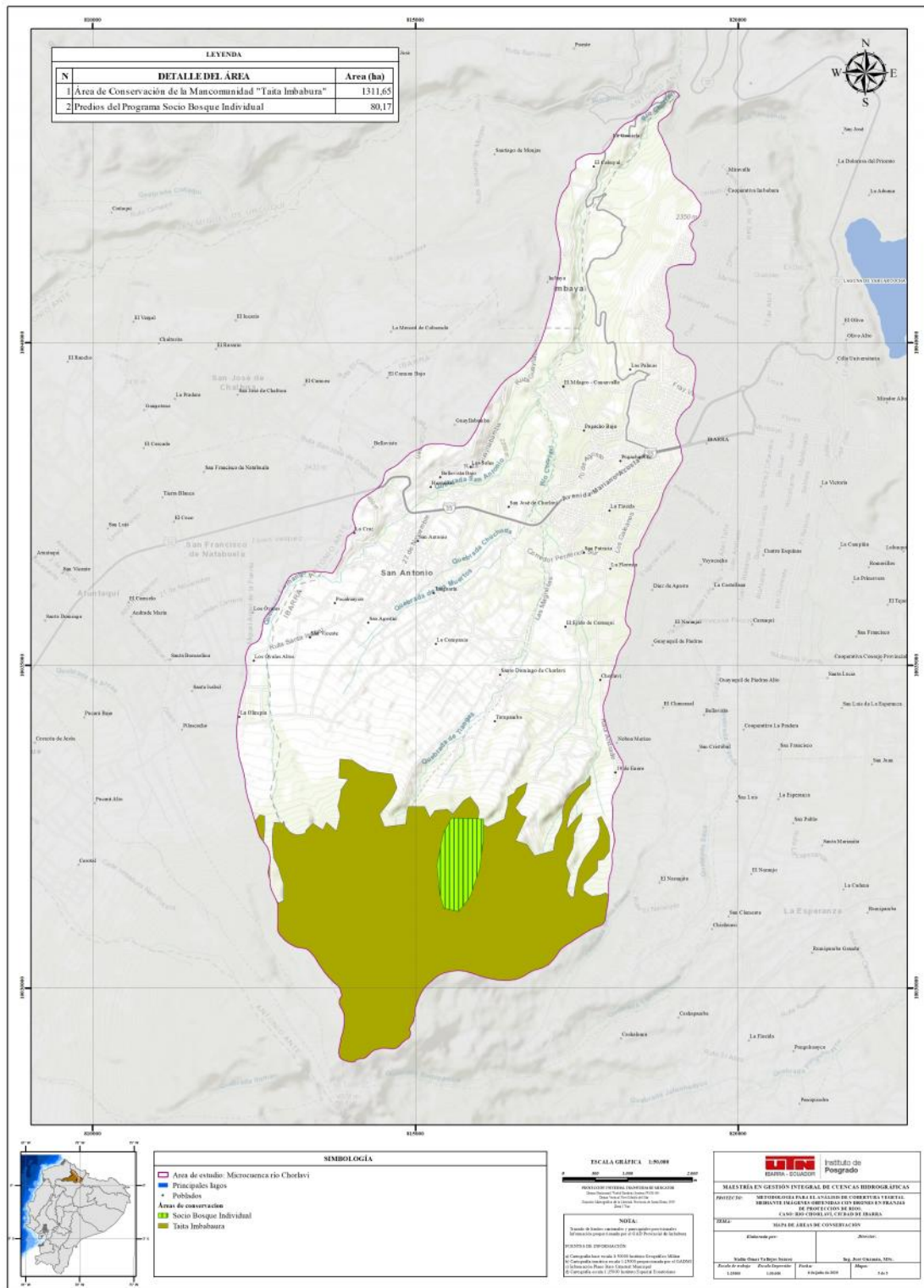


Figura 10. Áreas de conservación de la microcuenca del río Chorlavi



#### **4.1.1.5. Concesiones de agua**

Existen cinco tipos de concesiones para uso del agua; para consumo humano y/o doméstico en un total de 23 concesiones, 2 concesiones para uso industrial, 90 concesiones para realizar actividades productivas (riego), 1 concesión para uso del agua en piscinas y 1 concesión para diversas actividades. Esto significa que la microcuenca es proveedora de agua para la ciudad, debido a la cantidad de fuentes de agua que provienen de la parte alta de la microcuenca. Se presentan las concesiones en el Anexo.

En la microcuenca del río Chorlaví se tiene un total de 117 concesiones de agua para diversos usos, de los cuales se benefician 38.869 personas. En la parte alta de la microcuenca del río Chorlaví, al ser proveedora de agua para la ciudad de Ibarra es necesario implementar medidas de conservación para garantizar la disponibilidad del recurso hídrico en cantidad y calidad, tales como: compensación por servicios ambientales, adquisición de propiedades para el establecimiento de áreas de conservación, realizar actividades de manejo como reforestación con especies nativas, regeneración natural y recuperación de la cobertura vegetal, así también es necesario implementar medidas de control que vayan encaminadas a la prevención de actividades que influyen negativamente en la conservación de los ecosistemas, y con ello las actividades científicas y de educación ambiental, con la finalidad de concientizar en la población de la parte media y baja de la microcuenca sobre el manejo adecuado de los recursos naturales y protección de fuentes de agua.

En la Figura 11 se indica la ubicación de las fuentes de agua de acuerdo al uso que tiene cada una de ellas.



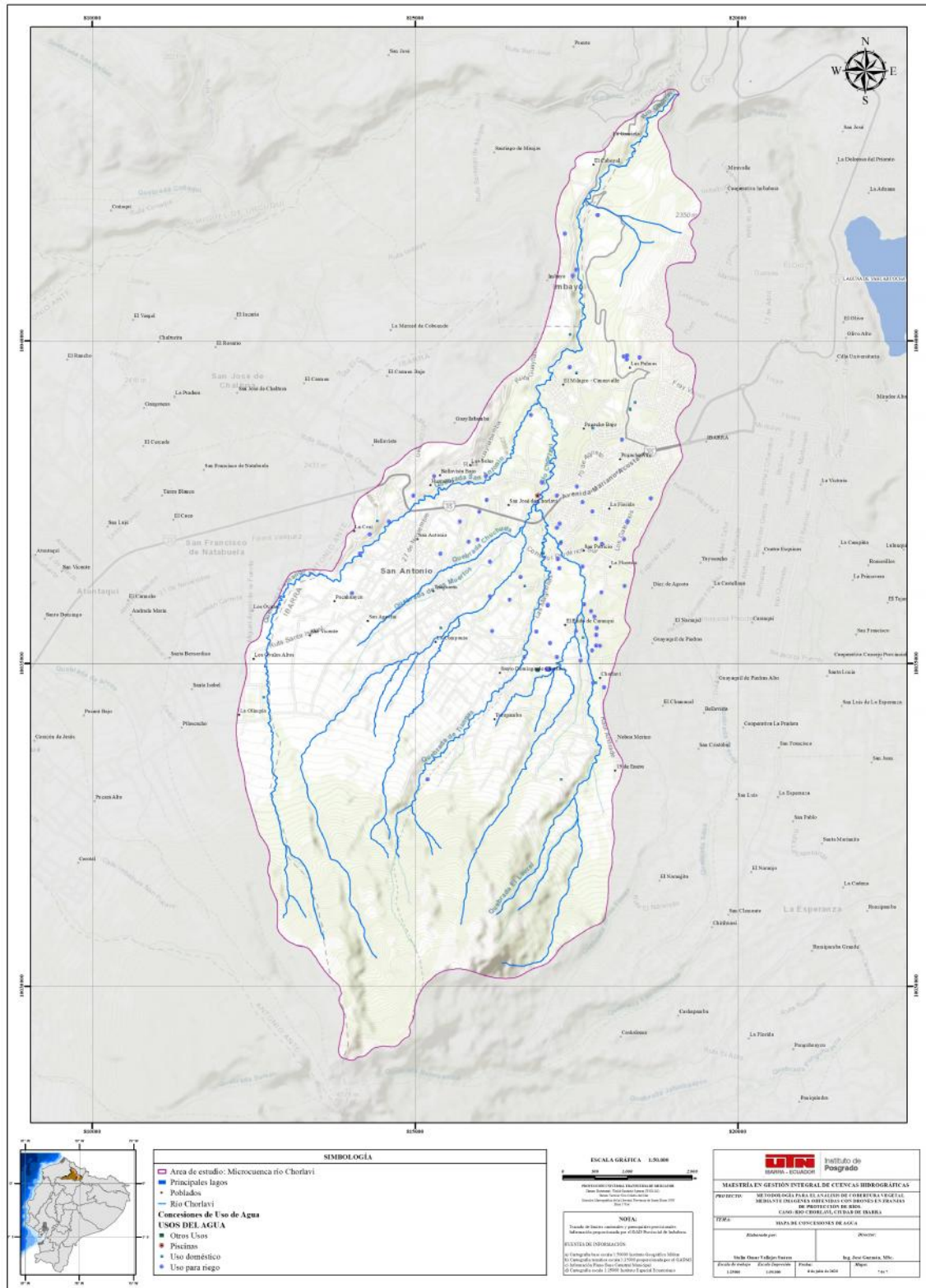


Figura 11. Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorravi

#### 4.1.1.6. Información Climática

Para el análisis de información climática, es necesario trabajar con base en isotermas e isoyetas identificando los rangos de temperatura y precipitación según corresponde, así también identificar el clima de la microcuenca del río Chorlaví, la información climática del área se describe a continuación:

**a: Isotermas:** se define a las isotermas como líneas que unen puntos de la superficie terrestre que tienen igual temperatura, dichas temperaturas varían según los meses del año. La Tabla 10 indica el área que tiene cada rango de temperatura en grados centígrados en la microcuenca, se establecen 12 rangos de temperatura, en la que predomina la temperatura en un rango de 14°C a 15°C, lo que permite que se desarrollen variedad de cultivos, entre los cuales se encuentran: cultivos de ciclo corto, maíz, leguminosas, papas, arveja, habas, hortalizas, cultivos bajo invernadero, tomate riñón y cultivos permanentes (tomate de árbol, aguacate, frutales, entre otros, esto permite que la población de la ciudad se encuentre abastecida de diversos productos.

**Tabla 10.**

*Rangos de temperatura de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Rango de temperatura °C	Área (ha)
1	5-6	48,66
2	6-7	96,20
3	7-8	122,71
4	8-9	190,08
5	9-10	170,33
6	10-11	236,49
7	11-12	327,17
8	12-13	692,64
9	13-14	925,67
10	14-15	2134,45
11	15-16	451,59
12	16-17	60,96

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016)

En la Figura 12 se indica la distribución de la temperatura en la microcuenca del río Chorlaví, la temperatura varía de 5°C a 17°C.

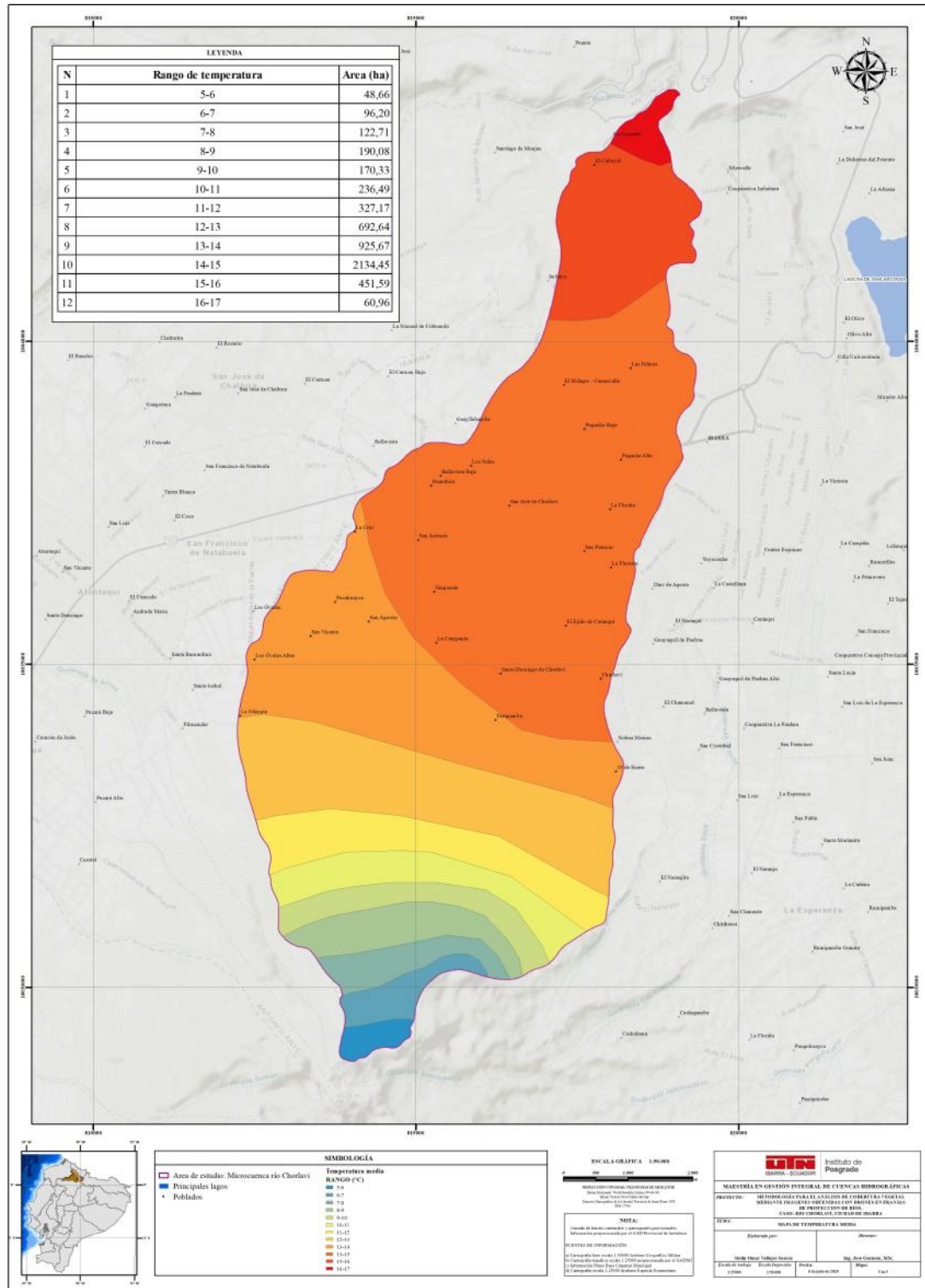


Figura 12. Temperatura de la microcuenca del río Chorlaví

**b: Isoyetas:** se define a las isoyetas como líneas que unen puntos en un plano cartográfico, y que presentan un mismo rango de precipitación en una unidad de tiempo considerada. La Tabla 11 indica el área en hectáreas para cada rango de precipitación de la microcuenca, la que se encuentra entre 500 mm y 1000 mm de precipitación, lo que favorece para que se cultiven diferentes productos en el área a pesar de no contar con sistemas de riego adecuados, sin embargo, se considera un problema debido a que el agricultor espera la época lluviosa para iniciar la siembra de diferentes especies y garantizar la sobrevivencia de las mismas. Es importante mencionar que el rango de precipitación de 750 mm a 1000 mm se evidencia en la parte alta de la microcuenca del río Chorlaví donde existe el área de conservación y con ello la presencia de flora y fauna nativa.

**Tabla 11.**

*Rangos de precipitación de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Rango de precipitación (mm)	Área (ha)
1	750-1000	2919,55
2	500-750	2537,40

Fuente: INAHMI, 2013

La Figura 13 indica la distribución de la precipitación en la microcuenca del río Chorlaví.

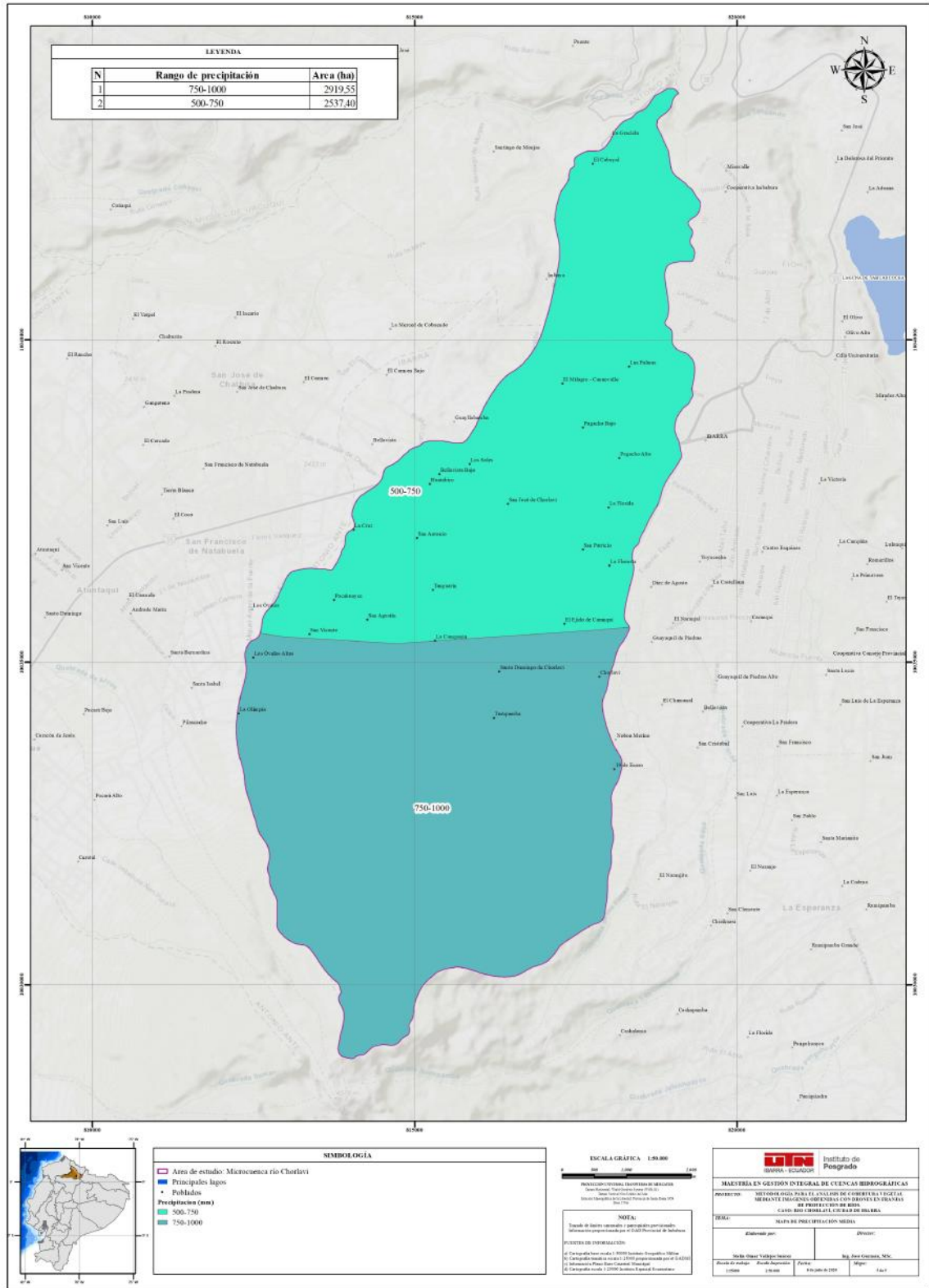


Figura 13. Precipitación de la microcuenca del río Chorraví

#### 4.1.1.7. Tipos de clima

como parte de la información climática, se describen a continuación los tres tipos de clima presentes en el área de la microcuenca, siendo el Ecuatorial Mesotérmico Seco, Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo y Ecuatorial de Alta Montaña como se indica en la Tabla 12.

**Tabla 12.**

*Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Tipo de Clima	Área (ha)	Porcentaje (%)
1	Ecuatorial Mesotérmico Seco	404,33	7,41
2	Ecuatorial Mesotérmico Semi-Húmedo	4.686,27	85,88
3	Ecuatorial de Alta Montaña	366,34	6,71
<b>Total</b>		<b>5.456,95</b>	<b>100,00</b>

Fuente: (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología, 2016)

Se describen cada clima de la microcuenca del río Chorlaví:

**a: Ecuatorial Mesotérmico Seco:** Representa a nivel de microcuenca el 7,41%, este tipo de clima está presente en el fondo de los valles de callejón interandino, en el que las precipitaciones son inferiores a los 500 mm anuales. Es un tipo de clima adecuado para las plantas que no necesitan mayor cantidad de agua para su sobrevivencia, en la microcuenca dicho clima se encuentra en los sectores de Cananvalle, Cabuyal, Miravalle, donde se observa que no existe cobertura vegetal abundante, sino más bien son áreas donde se encuentran desarrollando cultivos de sábila, tuna, cactus entre otros, además se están implementando proyectos con la cochinilla para la elaboración de cosméticos.

**b: Ecuatorial mesotérmico Semihúmedo:** A nivel de microcuenca representa el 85,88%, siendo el clima predominante en el área, la vegetación natural donde predomina este tipo de clima está siendo sustituida por pastizales y cultivos, la temperatura media anual está

comprendida entre 12°C y 20° C en función de la altitud y exposición a la luz solar. La humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65% y el 85%, las precipitaciones anuales fluctúan entre 700 mm y 2.000 mm, distribuidas en dos estaciones lluviosas en todo el año, una estación en los meses de febrero a mayo y la segunda estación lluviosa de octubre a noviembre. Es el clima que más se encuentra en los valles de la Sierra, exceptuando los valles calientes como Guayllabamba y los que están sobre los 3.200 msnm.

La vegetación original de esta zona ha ido modificándose desde la llegada de los españoles, ya que es el sector donde se asientan las principales ciudades hoy en día. Variando en función de la altura y de la exposición, la humedad relativa tiene valores comprendidos entre el 65% y el 85 % y la duración de la insolación puede ir de 1.000 a 2.000 horas anuales. La vegetación natural de esta zona ha sido ampliamente sustituida por pastizales y cultivos (principalmente cereales, habas, maíz).

Es importante mencionar que el aumento considerable de la temperatura a nivel mundial ha provocado el cambio en las actividades productivas de los habitantes, en especial en los tipos de cultivos, ya que las plagas han ido atacando sitios que por la temperatura no llegaban y no sobrevivían o se propagaban de manera acelerada, actualmente los agricultores tienen un problema bastante marcado con la presencia de plagas y enfermedades, que incluso llegan a la pérdida total de los cultivos y por ende disminución de los ingresos económicos derivados de la producción agrícola. En la microcuenca del río Chorlaví los agricultores se ven beneficiados con este tipo de clima, ya que es el adecuado para la producción de los cultivos.

**c: Clima ecuatorial de alta montaña:** Representa el 6,71% del territorio de la microcuenca, se presenta sobre los 3.000 msnm, la temperatura media depende de la altura, pero se estima que fluctúa alrededor de 8°C que ocasionalmente pueden llegar hasta los 20°C en condiciones extremas, o a su vez pueden ser inferiores a 0°C. La precipitación media anual varía entre 1.000 mm y 2.000 mm de acuerdo con la altitud, la presencia de lluvias es de larga duración y de intensidad baja. La vegetación natural corresponde a matorrales en la parte baja, y en la parte alta se observa la presencia de páramos que son consideradas como fuentes de agua.

Esto supone que sobre todo en la vertiente de barlovento, es decir, en aquella en la que pega más el viento, tanto la humedad relativa como las lluvias producidas por el ascenso de una columna de aire al encontrarse con la montaña, conocidas como lluvias orográficas, aumenten. En la vertiente de sotavento también pueden aumentar, pero no tanto, pues el aire está ya prácticamente seco al descender y la presión atmosférica aumenta. Además, hay que añadir que, en las montañas altas, la insolación es mayor que en las tierras bajas. Pero, a pesar de tener un régimen de vientos específicos, las masas de aire y los frentes que afectan al clima de la zona, también afectan a ellas.

En la Figura 14 se indica los climas presentes en la microcuenca del río Chorlaví.



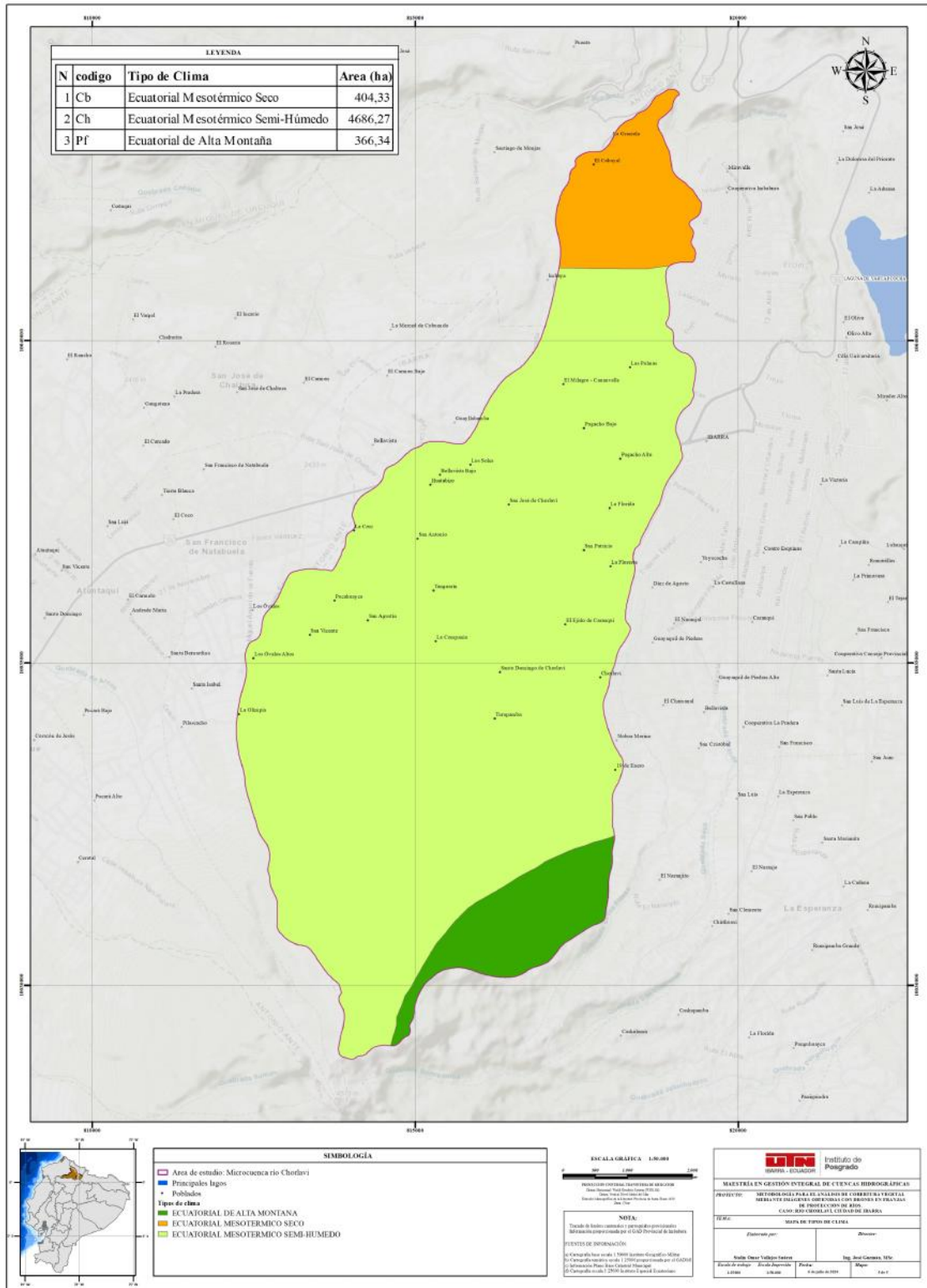


Figura 14. Tipos de clima de la microcuenca del río Chorlaví

#### 4.1.1.8. Minería

Una concesión minera es el derecho que se confiere, por medio de los tribunales ordinarios de justicia, a toda persona, ya sea natural o jurídica, para que explore o explote las sustancias minerales concesibles que existan dentro del perímetro de un terreno determinado, siempre que se cumpla con el interés público que justifica su otorgamiento. A continuación, con base en la información recopilada de la Agencia de Regulación y Control Minero ARCOM (2019), se presenta una categoría de derechos mineros destinados a materiales de construcción, La Tabla 13 indica un número de 7 áreas destinadas al aprovechamiento de áridos y pétreos para extracción de material destinado a la construcción, el área de explotación es de 90,04 hectáreas y ocupan un porcentaje de 1,65% en el territorio.

**Tabla 13.**

*Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Nombre de la Autorización	Institución	Tipo de aprovechamiento	Cantón	Material minero	Área (ha)
1	Las Palmas GPI	Gobierno Provincial Imbabura	Libre de Aprovechamiento	Ibarra	Material de construcción	6,00
2	Turupamba	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Ibarra	Libre Aprovechamiento	Ibarra	Material de construcción	1,04
3	Montecarlo	Montenegro Terán Fernando Raúl	Concesión Minera	Ibarra	Material de construcción	4,00
4	San Pedro de Cananvalle	Padilla Villavicencio Omar Jordano	Minería artesanal	Ibarra	Material de construcción	2,00
5	La Florida	Gutierrez Castillo Juan Francisco	Minería artesanal	Ibarra	Material de construcción	2,00
6	Tahuando	Ministerio de Transporte y Obras Públicas	Libre Aprovechamiento	Antonio Ante	Material de construcción	51,00

7	Quebrada Tanguarín	Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del cantón Ibarra	Libre Aprovechamiento	Ibarra	Material de construcción	24,00
<b>Total</b>						<b>90,04</b>

Fuente: (Agencia de Regulación y Control Minero, 2019)

En la Figura 15 se indica la ubicación de los derechos mineros de la microcuenca.



#### 4.1.1.9. Susceptibilidad a riesgos o peligros volcánicos

La actividad volcánica representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los volcanes, no obstante, se ha descrito que incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. Dentro de los principales riesgos volcánicos no sólo se incluye la erupción de una montaña y el derramamiento de lava asociado, sino también, la emisión de ceniza y gases. Los gases liberados principalmente son vapor de agua, dióxido de carbono, dióxido de azufre y en menor cantidad monóxido de carbono, hidrógeno, ácido clorhídrico, helio, ácido sulfhídrico y ácido fluorhídrico.

Cabe mencionar que el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, mantiene un programa activo de investigación y divulgación de los conocimientos asociados a procesos volcánicos y tectónicos en el Ecuador. Se realizó un proyecto de fortalecimiento del Servicio Nacional de Sismología y Vulcanología, donde se contempla la ampliación de la Red sísmica y Red Geodésica Nacional con estaciones GPS de monitoreo continuo. Estos instrumentos sirven para brindar un monitoreo instrumental a volcanes y zonas sísmicamente activas del país. La Tabla 14 presenta los riesgos o peligros volcánicos que son la caída de ceniza, caída de piroclastos procedentes del volcán Imbabura, la presencia de una zona de lahares y el eminente peligro volcánico por la presencia del volcán Imbabura.

**Tabla 14.**

*Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Descripción	Área (ha)
1	Caída de ceniza de mayor peligro	4.521,9976
2	Zona de Lahares	31.972,5570
3	Peligro volcánico Alto (Imbabura)	5.421,1093
4	Caída de Piroclastos Imbabura	4.521,9976

Fuente: (Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2019)

La ubicación de la microcuenca es un factor de riesgo que debemos tener presente en el territorio, ya que se tiene la influencia de cuatro volcanes, siendo el volcán Cotacachi, el volcán Cuicocha que es un volcán en estado activo y es el centro eruptivo más joven del Complejo Volcánico y se habría desarrollado en los últimos 10.000 años (Hall, 2003); el Volcán Imbabura, el volcán Cayambe, el Pululahua, que al momento de presentar erupciones o emanación de gases y cenizas de cualquiera de ellos, la afectación a la población sería inminente. La población no se encuentra capacitada, debido a la poca importancia que les dan a las actividades que se deberían realizar en torno a la gestión y respuesta a riesgos que se presenten. En la figura 16 se observa que el territorio tiene influencia directa del volcán Imbabura.



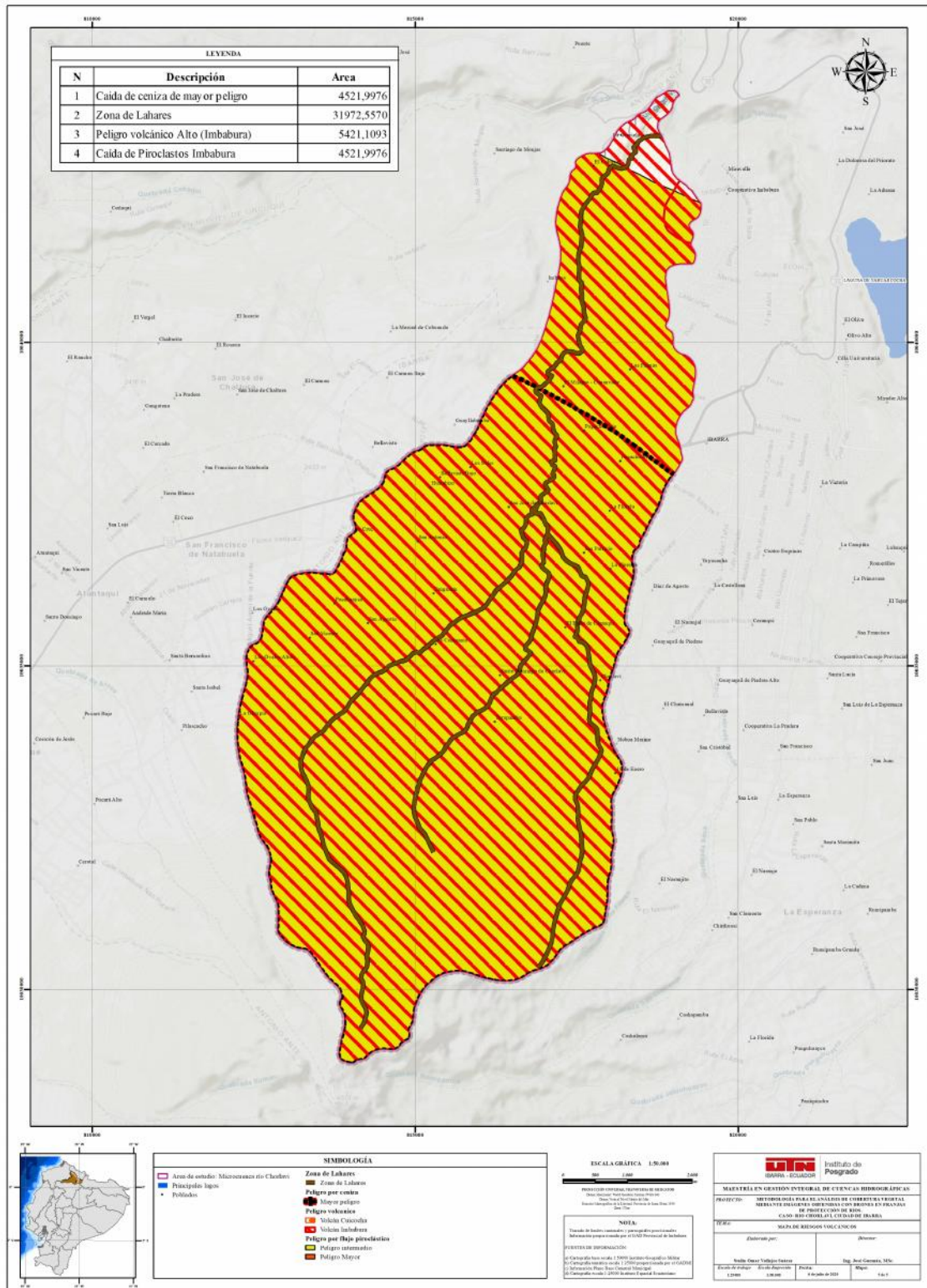


Figura 16. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorraví

#### 4.1.1.10. Susceptibilidad a movimientos en masa o deslizamientos

Los deslizamientos o movimientos de masa que son fenómenos naturales, de las condiciones geomorfológicas, geológicas y del clima imperante en los diversos sectores a lo largo de la cordillera de los Andes. Se consideran cuatro elementos importantes para la ocurrencia de los movimientos en masa: el relieve, la sismicidad, la meteorización y las lluvias intensas, para lo cual es fundamental conocer los factores climáticos, geomorfológicos, geológicos y tectónicos que tienen lugar en los sectores de montaña, y los ambientes andinos, constituidos por secuencias sedimentarias y volcanoclásticas sometidas a intensas deformaciones tectónicas, junto a terrenos vinculados a actividad eruptiva terciaria a moderna, resultan especialmente favorables para el desarrollo de procesos de remoción en masa.

Se entiende que los movimientos en masa están influidos por distintos factores, o elementos condicionantes, que posibilitan la ocurrencia de los fenómenos que pueden ser internos o externos. Debido principalmente a las pendientes fuertes que presenta en la microcuenca a lo largo de toda su superficie territorial, se presenta la posibilidad de que existan movimientos de remoción en masa, conjuntamente con los fenómenos extremos de precipitaciones que se manifiestan en épocas lluviosas.

Es por ello que la mayoría de la microcuenca se encuentra en la categoría de susceptibilidad a movimientos de remoción en masa de mediana a alta, esto significa que la microcuenca está expuesta a deslizamientos en la mayoría de su área. En la Tabla 15 se indica la susceptibilidad a riesgo de deslizamientos y el área que ocupa cada uno de ellos.

**Tabla 15.**

*Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Descripción de la susceptibilidad	Área (ha)
1	Baja a nula	225,63
2	Moderada	805,29
3	Mediana	2.909,75
4	Alta	1.516,27



Fuente: Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos, 2016

En la Figura 17 se presentan las zonas susceptibles a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví.

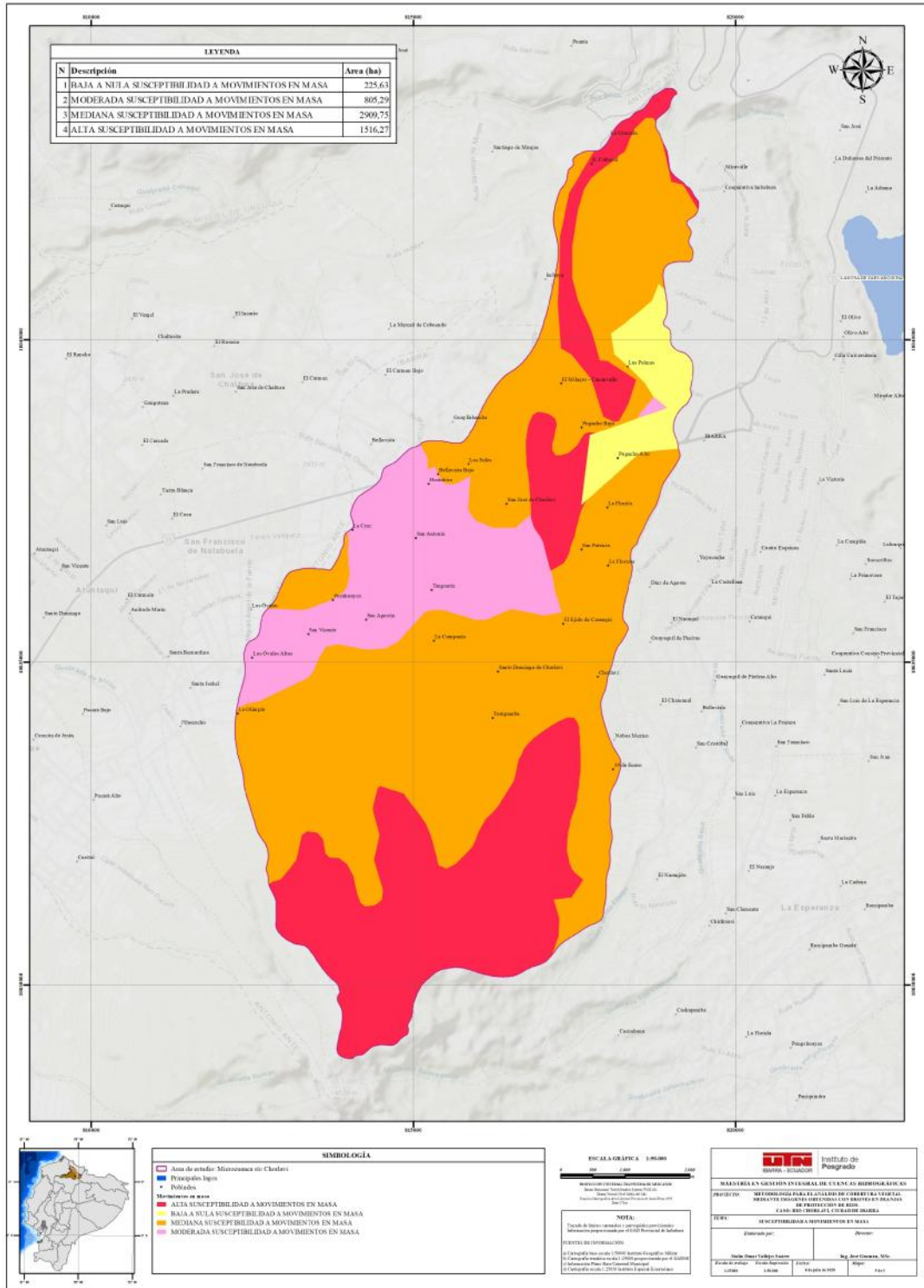


Figura 17. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví

#### **4.1.2. Obtención de imágenes con drones de la franja de protección del río Chorlaví.**

Aplicados los planes de vuelo establecidos, se procede a procesar las imágenes obtenidas con el dron, en el software Arc Gis 10.8, a una escala geográfica de trabajo 1:25000 debido a la calidad de las imágenes, con salidas cartográficas y temáticas a escala 1:25000 que la franja de protección de la microcuenca del río Chorlaví que se indica en la Figura 18.

Se generaron procesos de edición, revisión y control de la información cartográfica, geográfica, fotografías aéreas, imágenes satelitales, en el Sistema de Información Geográfica, para la corrección de errores como: incorporación de elementos omitidos, corrección de elementos que no llegan a empatar con otros, u otras que no deberían intersectarse, entre otras correcciones. Se realizó una clasificación supervisada de las imágenes obtenidas con la finalidad de que presenten información categorizada de la cobertura vegetal, esta fase a la vez abarcará la definición digital de categorías, así la clasificación se basará tanto en el tipo de resultado arrojado por el software Arc Gis 10.8, la interpolación de polígonos entre ecosistemas, mediante la comprobación y observación directa de la fotografía aérea.

Por medio del uso de software Arc Gis 10.8 se realizó la interpretación con visualización en pantalla de las imágenes, para lo cual se estableció la escala de trabajo y variables como el umbral, la resolución espacial y radiométrica de las imágenes, cuyas salidas se definen de acuerdo con la leyenda aplicada (Alonso, 2016)

Se estableció la escala geográfica de trabajo 1:25000 debido a la calidad de las imágenes, con salidas cartográficas y temáticas a escala 1:25000 que cubren toda el área de la microcuenca del río Chorlaví. Además, se realizó una clasificación supervisada basada en objetos con el software Arc Gis 10.8 debido a la heterogeneidad de las zonas urbanas y porque presenta una mayor ventaja sobre otros tipos de clasificación e interpretación de imágenes (Tadeo, 2015). Las imágenes fueron clasificadas bajo los siguientes parámetros: calidad visual, presencia mínima de nubes, años particulares de interés y la inexistencia de bandas que no contengan información, se presenta en la Figura 18 la imagen obtenida con el dron.

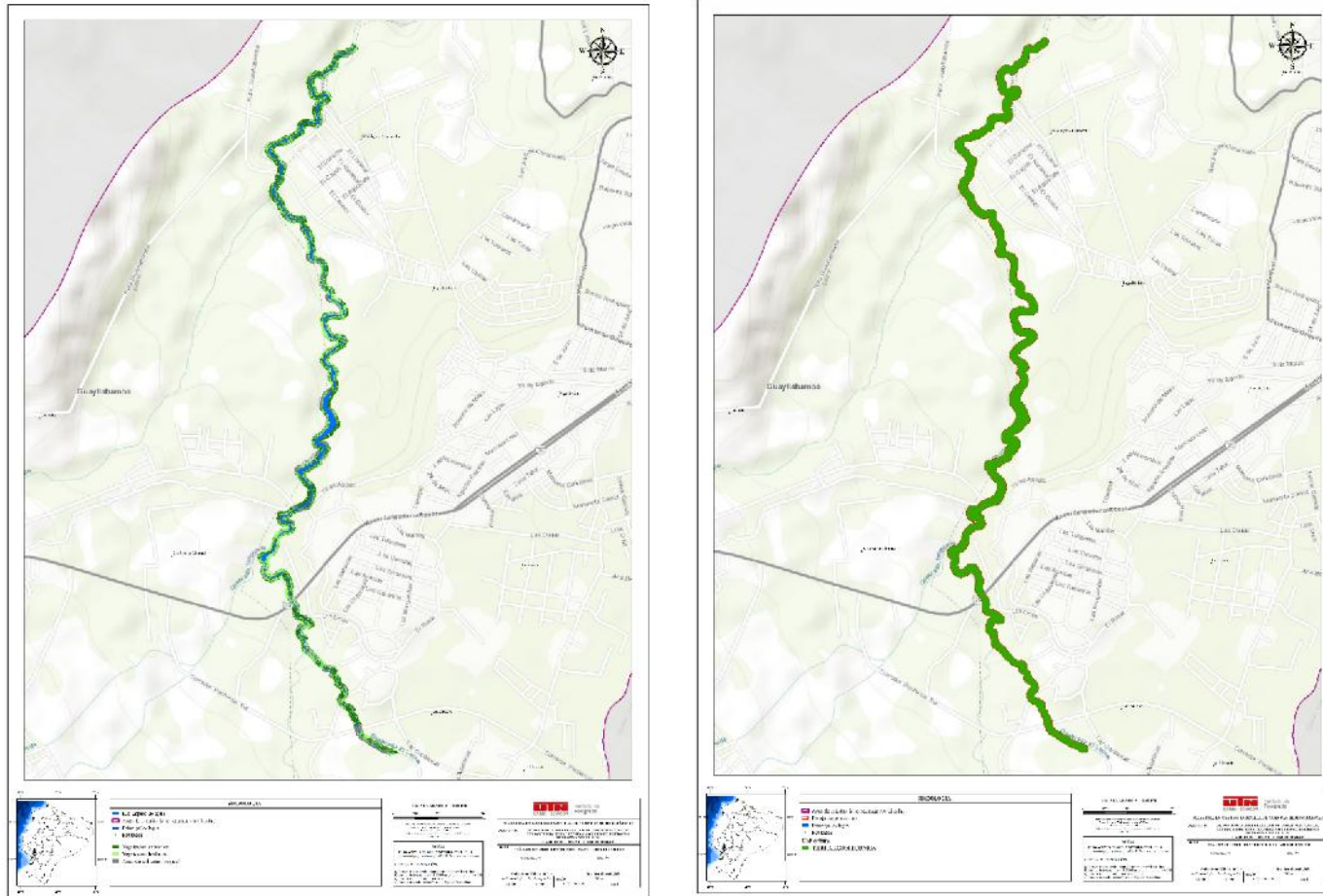


**Figura 18.** Imagen obtenida con dron de la franja de protección del río Chorlavi

De acuerdo con las ordenanzas de los cantones Antonio Ante e Ibarra, se establece una franja de protección de 15 metros a cada lado, considerando el eje lateral de máxima crecida del río Chorlaví. Con la finalidad de comparar se tomó un tramo de 17,29 hectáreas del área de la microcuenca, en la que el largo del río es de 4.750,78 metros.

Finalmente, se elaboró un mapa de cobertura vegetal en el área de 17,29 hectáreas con la imagen generada con el dron y con la información recopilada del Instituto Espacial Ecuatoriano, basados en el Sistema de “Clasificación de los Ecosistemas del Ecuador Continental”, manejado actualmente por el Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador, en el que se determinó los ecosistemas existentes en la microcuenca del río Chorlaví, esto permitió tener un sistema de clasificación estandarizado y así realizar los correspondientes análisis espaciales que el estudio contempla. Para la corrección geométrica se utilizó el sistema de coordenadas WGS84 UTM zona 17, además, las imágenes utilizadas para la interpretación de coberturas fueron georeferenciadas a partir de una serie de puntos de control tomados de un ortofotomosaico de imágenes de buena calidad obtenidas con el dron, mismas que fueron ajustadas y empalmadas (Achicanoy, 2018).

Las clases de cobertura vegetal y uso de suelo para la elaboración del mapa, se establecieron con base en los criterios del reporte técnico del Inventario Nacional Forestal (Instituto Nacional de Biodiversidad, 2019), que divide a los bosques a partir de su cobertura de copa, del 10 al 40% de su superficie como abierto y una cobertura mayor al 40% como cerrado (SARH, 1994), identificando las mismas categorías de cobertura vegetal y uso de suelo. Se indica en la Figura 19 los dos mapas generados y que fueron comparados entre sí.



**Figura 19.** Cobertura vegetal con la imagen generada con dron y la información del IEE, 2018 en la franja de protección del río Chorlaví



De acuerdo a la información obtenida en cuanto a cobertura vegetal se tiene dos mapas que se diferencian entre sí, para el caso de la franja de protección del río Chorlavi, se nota que la cobertura vegetal obtenida de fuentes oficiales (Instituto Ecuatoriano Espacial, 2014) presenta una sola clasificación de siendo “Tierras agropecuarias”; mientras que en el análisis de la imagen obtenida con dron, se diferencian cuatro tipos de cobertura vegetal siendo los siguientes: espejo de agua, vegetación arbustiva, vegetación herbácea y áreas sin cobertura vegetal, en el que se tiene un nivel de detalle muy alto, cercano a la realidad del área en estudio, debido a que en el proceso de obtención de las imágenes mediante el uso de dron se obtiene imágenes con resoluciones de 3 a 4 cm/píxel, esto permite analizar la situación actual del área seleccionada.

El uso de drones facilita la recolección de información en campo en cualquier área a pesar de ser inaccesible, puede ser un área mínima o superficies muy extensas, en otros escenarios se tendría que contratar un equipo completo y muy costoso para el levantamiento de información, tales como los aviones que contratan las Instituciones para generar información, y en la actualidad tenemos este instrumento al alcance la población y con costos accesibles, esto permite que las empresas, o cualquier Institución adquieran drones para la planificación y ordenamiento del territorio en todos los niveles organizativos, ya sea a nivel de nanocuenca, microcuenca, subcuenca y parroquia, entre otros.

Finalmente, se define a la imagen obtenida con dron, una de las mejores opciones para análisis de cobertura vegetal y con ello determinar las franjas de protección de los ríos, debido a que se tiene una clasificación más detallada del tipo de cobertura vegetal presente en el área y se acerca a la realidad actual del territorio, en la delimitación de franjas de protección de los ríos utilizar drones es recomendable ya que se tiene información en tiempo real, para observar las características específicas de los lugares donde se realiza el estudio, y así tener una herramienta para proponer acciones a tomar en lo referente al ordenamiento territorial, facilitando las actividades en relación al tiempo de recolección de información.

#### **4.2. Fase II: Evaluación de los factores técnicos y económicos para el uso de las imágenes obtenidas con drones en la franja de protección del Río Chorlaví.**

La encuesta elaborada en Microsoft Forms fue respondida por las cinco personas a quien fue dirigida, en la que se tuvo los siguientes resultados por cada pregunta planteada.

Los encuestados utilizan información generada por diferentes instituciones tales como: Sistema Nacional de Información, GAD Municipal de Ibarra, Instituto Geográfica Militar, imágenes satelitales, Prefectura de Imbabura, información de PDOTs, y solo una institución ha adquirido imágenes con dron, esto significa que dichas instituciones aún utilizan información no actualizada para generar cartografía temática de las áreas que requieren, por lo tanto, el análisis que realizan no se acerca a la realidad actual de la dinámica territorial.

Las cinco instituciones disponen de información cartográfica para el análisis de cobertura vegetal, considerando que no es información actualizada, así también conocen acerca del uso de drones para obtención de fotografía aéreas, aunque no apliquen dicho instrumento debido a diferentes causas tales como: no conocen el costo que tiene una imagen satelital por hectárea, no conocen el tiempo que lleva realizar un trabajo de este tipo, sin embargo, la mayoría de instituciones prefieren utilizar ortofotografía obtenida con drones para el análisis de cobertura vegetal y otros aspectos necesarios en la planificación de los territorios.

En este sentido, mediante la aplicación de nuevas tecnologías en el uso de drones para la generación de información se establece que el dron tiene ventajas tales como: realizar filmaciones para observar campos, hoteles, ciudades, controlar el estado de la naturaleza, ya sea el campo, cultivos, incendios y otras actividades como tráfico vehiculares, vigilancia, y reducen los tiempos de obtención de información. El dron al ser de tamaño reducido permite un manejo sencillo y una amplia cobertura, llegando a zonas donde el ser humano no es capaz de llegar fácilmente, dispone de una capacidad de vuelo autónomo y su control se realiza mediante un equipo remoto y con ello la transmisión, procesamiento y explotación de imágenes y datos son en tiempo real, y finalmente tienen un menor costo de inversión comparando con otros equipos.



### **4.3. Fase III: Propuesta metodológica de levantamiento de imágenes obtenidas con drones para el análisis de cobertura vegetal.**

Luego de haber realizado el análisis de los factores necesarios para la determinación de las franjas de protección, y tomando en cuenta las recomendaciones propuestas por técnicos especializados, se propone un procedimiento metodológico que guíe a las personas en la realización de vuelos fotogramétricos con énfasis en la determinación de franjas de protección de ríos y quebradas. Mientras más avanza la tecnología los drones son cada vez más accesibles las cámaras incluidas son ultraligeras y ofrecen mejor resolución para trabajos de baja altitud, además los avances presentados en software que utiliza algoritmos fotogramétricos, sin duda ha mejorado la producción fotogramétrica (El Meouche, Hijazi, Poncet, Abunemeh, & Rezoug, M, 2016).

La figura siguiente indica la estructura de la Guía Metodológica y lo que debe contener cada ítem.



**Figura 20.** Estructura de la Guía metodológica

#### 4.3.1. Reconocimiento del área de estudio

Es necesario que inicialmente se realice un reconocimiento general de la zona de estudio, y para ello nos valemos de Google Earth, que es un instrumento útil y se encuentra de manera libre al alcance de todas las personas. Se crea un polígono de apoyo visual temporal, para posteriormente crear la misión en el software y posteriormente establecer los Puntos de Control Terrestre en el área de estudio. También es necesario recorrer el sitio de manera presencial para verificar si el sitio es viable para realizar los vuelos y también determinar la altura idónea de vuelo a la que se capturarán las fotografías con el drone.

**a) Verificación de zonas de “No vuelo” en el área de estudio:** Luego del reconocimiento del área de estudio, se identifican las zonas “No vuelo”, que son zonas prohibidas para el vuelo de drones (aeropuertos, destacamentos de policía y militares edificios estatales, etc), a menos que se solicite autorización a las instituciones. Se deben observar los requerimientos que establece la Dirección General de Aviación Civil (DGAC) para un vuelo seguro dentro

del espacio aéreo ecuatoriano. Para ello, la marca de drones “DJI” tiene una herramienta que el piloto puede consultar con anterioridad en un mapa con las zonas prohibidas para realizar vuelos y continuar con la siguiente fase de este proceso. Si la zona de estudio se encuentra en una zona “No vuelo”, deberán solicitarse con las autoridades competentes los permisos y autorizaciones correspondientes. La marca DJI, por seguridad bloquea automáticamente sus drones para volar en zonas restringidas, por lo que, el piloto deberá solicitar el desbloqueo en su página web.

En oficina, se revisa el área de estudio y se asegura que sean zonas autorizadas para vuelo o que no sean zonas restringidas por la Dirección General de Aviación Civil-DGAC, para posteriormente, en campo, verificar los obstáculos como árboles, edificios, construcciones, torres de electricidad, cables y otros elementos que limiten el funcionamiento del dron. En la zona de vuelo se debe realizar el ensamblaje del dron, por lo que esta zona deberá estar despejada y con suficiente espacio para realizar todas las maniobras que se pueden presentar.

**b) Identificación, señalización, levantamiento de vértices y puntos de control terrestre:**

Se realiza un reconocimiento físico del área de estudio para identificar todos aquellos elementos que pudieran representar obstáculos en la realización del vuelo, torres de telecomunicaciones, torres eléctricas, edificaciones altas, etc. Luego se procede con la identificación, señalamiento y medición de los Puntos de Control del Terreno-PCT, que deben ser ubicados en áreas sin obstáculos, para que se identifiquen en las imágenes obtenidas con el dron. Los PCT deben ser colocados y señalados dentro y fuera del polígono del área de estudio y en los desniveles de la superficie del terreno para tener más puntos de apoyo en el procesamiento de las imágenes obtenidas con el dron.

Para la correcta georreferenciación de las fotografías, es necesario identificar los PCT con sus coordenadas en los ejes X, Y, Z, con ayuda de un GPS, de preferencia, que tenga corrección diferencial; si no se dispone, se utilizará un Navegador GPS con una precisión promedio de 1 metro. Es totalmente necesario elegir lugares que sean claramente localizables en la fotografía, utilizando para ello cruces de vías, puentes postes, y otros elementos de

referencia y de fácil identificación. En caso de no existir estos puntos, se colocarán banderas o círculos con un punto al centro que faciliten la visión y localización.

Es importante que los PCT sean visibles y estén de acuerdo con la resolución de las fotografías y estén ubicados en sitios abiertos, también los puntos deberán distribuirse de preferencia a los extremos del área de estudio y como recomendación general cada punto debe presentarse en al menos 5 fotografías, ya que así se garantiza la corrección geográfica del producto final.

#### **4.3.2. Materiales y Equipos**

La calidad del producto final depende principalmente de los materiales y equipos que se utilicen en el proceso, así que es necesario contar con equipos de alta calidad, de buena precisión y duraderos, así como también los materiales deben ser resistentes a las condiciones adversas de los terrenos. Esto garantizará que los productos cartográficos tengan la calidad necesaria para realizar los estudios posteriores.

##### **a) Características de los equipos**

Para la obtención de las fotografías aéreas se lo realiza con un dron comercial, donde los de mayor distribución en Ecuador son de marca DJI, siendo el modelo más accesible y transportable para las actividades en campo el “DJI Mavic Pro”, con un peso neto de 734 gramos, un sistema de posicionamiento GPS/GLONASS, cámara de 12,3 Mega píxeles, y una distancia focal 4,3 mm. El dron Mavic Pro tiene una autonomía de vuelo de aproximadamente 25 minutos por batería, que puede ser menor de acuerdo a las condiciones del viento y temperatura ambiental.

Para el funcionamiento y puesta en marcha del dron se utiliza un dispositivo móvil (Celular, Tablet o Pantalla cristal sky) que controle las acciones de la aeronave, donde debe estar instalada la aplicación DJI GO y PIX4D Mapper para la elaboración del plan de vuelo y la ejecución del mismo, permite automatizar el dron y su cámara para obtener un mosaico de

fotografías que servirán finalmente para la generación de la ortofoto y el Modelo Digital de Elevación.

El segundo equipo necesario es un GPS portátil, que presenta datos de posición (X,Y, Z) en el sistema de coordenadas UTM/WGS84 con una precisión referencial de 1 a 5 m, donde los datos obtenidos se utilizan para georreferenciar los productos generados. Los equipos más utilizados son los de marca GARMIN, ya que son fáciles de encontrar y su costo es accesible a la mayoría de profesionales y tienen una amplia gama de modelos a disposición.

Otro equipo estrictamente necesario es un computador de características superiores a los personales, con una configuración mínima de Procesador Intel Core i5 de Octava generación, memoria RAM de 16 Gb, Almacenamiento SSD de 480 Gb, tarjeta gráfica física de 2 Gb, pantalla de 14 pulgadas en diagonal Full HD, que disponga de conexión estable a Internet de al menos 15 Mbps; este equipo servirá para el geoprocesamiento de las imágenes obtenidas con drone y la elaboración del Ortomosaico y el Modelo Digital de Elevación.

#### **b) Número y carga de baterías del drone**

De acuerdo a la disponibilidad de baterías y a la extensión del terreno a cubrir, se determina cuánto tiempo de vuelo se necesita y, por ende, las baterías que se utilizan. Para el caso de los drones DJI, las baterías que utilizan son las de tipo LiPo (Polímero de Litio) porque tienen gran capacidad y pueden suministrar cantidades altas de energía cuando sea necesario.

Para un tiempo de vuelo más largo, se debe obtener contar con baterías de alta capacidad (mA/h), tomando en cuenta que una batería con más mA/h tendrá mayor tamaño y requerirá más energía para levantarla al aire, ya que el drone se vuelve más pesado de lo normal, lo que consumirá más la batería y reducirá considerablemente el tiempo de vuelo.

El tiempo promedio de vuelo por cada batería llega a los 27 minutos aproximadamente, con este dato podemos realizar las consideraciones respectivas en el programa de planificación

de vuelo para conocer el requerimiento de tiempo de vuelo y prever el número de baterías que se deberán utilizar para el levantamiento de toda el área de estudio seleccionada.

**c) Verificar almacenamiento y calidad de la memoria donde se guardan las imágenes**

Antes de iniciar con la planificación y otros detalles del vuelo del drone, es necesario revisar las tarjetas de memoria del equipo, que no contengan archivos de otros vuelos. Cada plan de vuelo debe iniciarse con las tarjetas de memoria que no contengan información. Se debe verificar que la tarjeta de memoria esté colocada correctamente en la ranura correspondiente del drone.

El procedimiento inicia en retirar la memoria de la ranura del drone, se debe tener mucho cuidado al retirarla, luego se inserta en la ranura del computador y se verifica que la memoria no tenga información previa, y si la tuviera, revisar el contenido y respaldar la información en el computador para luego descartar o mantenerla. Finalmente se debe verificar que las memorias a ser utilizadas estén vacías totalmente y listas para ser usadas en un nuevo vuelo del drone. Finalmente, se debe planificar la cantidad de espacio a utilizarse y con ello, el número de tarjetas de memoria necesarias.

**4.3.3. Planificación de vuelo**

El plan de vuelo con drones es una etapa crítica para proyectar técnicamente los trabajos que se realizarán en campo. Tener en cuenta la altura, ruta a cumplirse, orientación del drone, traslape entre fotografías, exposición, son algunos de los parámetros para programar un buen plan o proyecto de vuelo.

Aunque existen una gran cantidad de aplicaciones para planificar el vuelo con drones, sin embargo, la más utilizada, por sus características y estabilidad es “Pix4 Capture”, ya que los parámetros se vigilan en tiempo real en la pantalla del dispositivo móvil que estamos utilizando y también se supervisan automáticamente en la ejecución del vuelo.

El uso correcto de la aplicación, nos ayudará a la parametrización de variables y a conocer las alturas de vuelo para trabajar con escalas determinadas o establecer tamaños mínimos de pixel. Para la planificación del plan de vuelo se debe conocer parámetros técnicos básicos de la óptica del dron, distancia focal, tamaño final de las fotografías, altura de vuelo, etc.

#### **a) Condiciones temporales**

Siempre que se planifican los planes de vuelo es necesario tomar en cuenta las condiciones temporales en los días que se realizarán los vuelos. Con ello, se reduce el riesgo de perder tiempo por la presencia de condiciones adversas, como vientos muy fuertes, lluvia, nieve u otros, también se puede evitar que el dron pueda perderse, ya que algunos fenómenos temporales como las llamaradas solares pueden intervenir con la señal del dron con el control remoto y con la brújula y GPS.

Se debe considerar principalmente la nubosidad, debe existir claridad completa para obtener fotografías con buena calidad, sin la influencia de sombras en la vegetación mayor y en las construcciones. Por ningún motivo se debe volar el dron en condiciones de lluvia. La temperatura es un factor importante, el calor extremo podría exceder los rangos de operación recomendados por el fabricante, afectando directamente el desempeño del dron. Se toma en cuenta estas variables estando aun en la oficina, y posteriormente se genera el plan de vuelo.

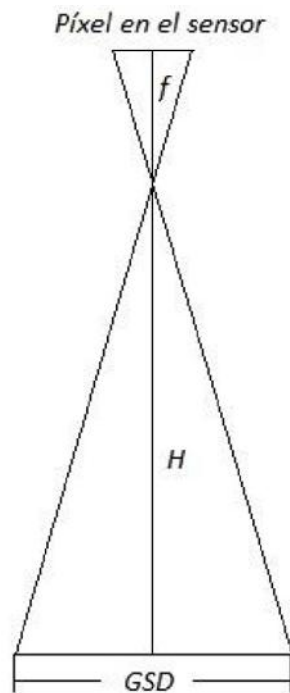
Existen sitios en internet que ofrecen el pronóstico del tiempo atmosférico, la capacidad de revisión de las condiciones atmosféricas está sujeta a la disponibilidad de información. Si el plan de vuelo se está realizando con algunos días de antelación, posiblemente la estimación del tiempo no será la correcta. Se tiene que hacer una revisión con máximo un día de anticipación al vuelo, y una revisión en el momento de la ejecución del vuelo.

#### **b) Altura de vuelo**

La altura de vuelo determinará la escala de trabajo sobre la que deseemos trabajar. Una relación entre la distancia focal del sensor y la altura de vuelo será proporcional a nuestra

escala de trabajo. La resolución espacial y la inspección in situ de los obstáculos en el campo determinaran principalmente la altura de vuelo.

A continuación, se detalla el cálculo de la altura de vuelo para una cámara X. La altura de vuelo (H) depende de la distancia focal (f) del sensor y de la escala horizontal (E) a la que se desea obtener las fotografías. Esta escala se expresa como la relación de la distancia medida en la fotografía respecto a la distancia real, o como la relación entre el tamaño de pixel en la cámara y el tamaño de pixel en el terreno (GSD).



Relación entre la altura de vuelo (H), el tamaño de pixel en el sensor (TPS) y el tamaño de pixel en el terreno (GSD)

$$H = f * E \quad ; \quad H = f * \frac{GSD}{TPS}$$

Donde H es la altura de vuelo en m, f es la distancia focal en m y TPS es el tamaño de pixel en el la cámara en metros, y son parámetros proporcionados por el fabricante de la cámara; GSD es el tamaño de pixel en el terreno en metros y E es la escala expresada únicamente como la distancia real obtenida en el terreno. Cuando se realiza el plan de vuelo, es de suma importancia conocer la altitud a la que está ubicado la zona de estudio, ya que se programa la altura de vuelo a partir de dicho valor (Ojeda, 2016).



### **c) Traslape de las fotografías**

En la configuración de vuelo se establece un traslape de mínimo 75% en horizontal y 75% en vertical. Estos porcentajes se utilizan con la configuración del dron para que exista un cubrimiento total de las fotografías para el área de estudio, ya que se establece por lo general, una altura de vuelo de 100 m, la velocidad máxima de desplazamiento del dron en 10 m/s, y un máximo de tiempo de vuelo de 25 minutos, incluido el tiempo de despegue y aterrizaje. Se debe considerar que aproximadamente a los 15 minutos el dron debe tener suficiente carga en su batería para llegar al punto de aterrizaje.

### **d) Selección de punto de despegue y aterrizaje**

Los drones tienen diferentes formas y tamaños, por lo que se debe considerar el espacio que necesita de acuerdo a la marca y modelo del dron para despegar de manera segura. Se debe iniciar el despegue en un sector amplio y libre de obstáculos, aunque por motivos de fuerza mayor, se puede despegar desde un espacio muy reducido, incluso se podría despegar desde el dron en la mano del piloto, tomando en cuenta que exista suficiente espacio para maniobrar el dron por cualquier motivo.

Para calcular el espacio necesario, se debe considerar la precisión del GPS con el que cuenta el dron y sobre todo su modo de despegue y aterrizaje, que puede ser manual o automático. Se debe considerar que debemos alejarnos de cuerpos de agua y zonas boscosas, ya que por cualquier maniobra se puede perder el control del dron y así evitaremos que el dron pueda caer al agua o estrellarse con vegetación boscosa y por consiguiente perder el equipo y los datos obtenidos del vuelo.

#### **4.3.4. Obtención de datos**

Para evitar demoras durante el plan de vuelo se revisarán una serie de elementos, entre ellos está la inspección del equipo como las baterías del dron, Control Remoto y dispositivo móvil. También es necesaria la conexión a internet al momento de crear el Plan de vuelo en PIX4D Mapper, ya que se utilizan imágenes satelitales para ubicar la zona de estudio. Con

la aplicación DJI GO 4 propia del drone se calibra la cámara y la brújula, luego se crea un plan de vuelo colocando puntos en los vértices del polígono donde se realizará el vuelo y adicional también se fijará el punto de despegue y aterrizaje.

#### **a) Ejecución del vuelo**

El piloto es el responsable de todo el vuelo, debe observar, cuidar y mantener constantemente el comportamiento del drone, aunque se esté ejecutando en modo automático. Adicionalmente se debe tener un observador secundario, que será responsable de mantener contacto visual con el drone en todo momento, para ello puede ayudarse de binoculares o lentes con zoom, todo esto mientras se ejecuta el vuelo, ya que el piloto puede perder de vista al equipo mientras fija su mirada en el control remoto y el dispositivo móvil conectado.

Antes del vuelo del drone, se deben realizar diferentes pruebas para verificar los sistemas de comunicación entre el drone, el control remoto y el dispositivo móvil, para lo cual se realizan algunas acciones en tierra, como revisar las hélices, los seguros de las baterías, movimiento del gimball de la cámara, presencia de memoria, etc. También se realiza un vuelo de baja altura para probar todos los aspectos del drone y asegurarnos que no existan problemas posteriores y/o eventuales accidentes.

Para el despegue y el vuelo se recomienda debe vigilar constantemente, en el software del dispositivo móvil y en la pantalla del control remoto, el desempeño y carga restante de las baterías, la velocidad de vuelo, la altura a la que viaja el drone y la ruta planificada. En caso de existir un evento fortuito con el drone, se debe abandonar la misión y retornar el drone al punto de despegue/aterrizaje. Esta operación puede realizarse desde el control remoto directamente o desde la aplicación del dispositivo móvil.

Para la ejecución del vuelo y la obtención de datos, se usa el software PIX4D Mapper, que se encarga de realizar el vuelo de manera automática, con un control completo del drone y la cámara, recorriendo la trayectoria trazada en el plan de vuelo, con todas sus consideraciones y capturando las fotografías en los intervalos de tiempo y distancia establecidos, de acuerdo

con el traslape designado y los valores ajustados del dron. Después de realizado el vuelo el piloto del dron debe guardar las imágenes de la memoria extraíble para el posterior proceso y generación de productos cartográficos.

#### **4.3.5. Generación de productos**

El procesamiento de las fotografías obtenidas con el dron y la posterior generación de los productos inicia con un software fotogramétrico disponible de manera offline y también online. El software más utilizado es Photoscan de la empresa Agisoft, ya que nos proporciona estabilidad al momento de trabajar con imágenes de gran tamaño y de alta resolución, con el cual se pueden crear y exportar datos fotogramétricos y topográficos, como nube de puntos, ortofotografías, modelos en 3D, modelos digitales de elevación, entre otros.

##### **a) Generación de Ortofoto y Modelo Digital de Elevaciones**

El software está basado en el pareo de fotografías y algoritmos de autocorrelación para crear nubes de puntos que serán la base para la generación de la ortofotografía, donde se incluirá los metadatos del dron, cámara, coordenadas de cada píxel (X,Y,Z) en un sistema de referencia de coordenadas que por lo general es WGS84, también se obtienen los ángulos de navegación (roll, tilt, y yaw) de la cámara del dron para las fotografías y permite que el modelo sea referenciado con puntos de control (El Meouche et al, 2016).

Las imágenes obtenidas con el dron se someten a un proceso con Photoscan y los PCT que se fijaron en el campo, con resolución de aproximadamente 5 cm/px y un promedio de 1 m de error en las coordenadas X,Y,Z y que pueden ser utilizados para la realización de varios estudios que requieran información en tiempo real. Por medio de la ortofoto generada y referenciada geográficamente, se pueden realizar mediciones del área de estudio, conjuntamente con el modelo digital de elevaciones que es una representación en 3D del terreno junto con otros objetos y estructuras naturales y antrópicas, pueden ser utilizados en trabajos como identificación de cobertura vegetal, planificación urbana y vial, modelado y simulación de inundaciones y deslizamientos, nivelación en obras de construcción entre

otros, donde la información de la cobertura del suelo y la elevación es de suma importancia (Bhandari et al, 2015).

#### **b) Generación de Cartografía con información obtenida de drones**

La necesidad de obtener cartografía temática de los elementos naturales ha existido siempre. De acuerdo a los avances tecnológicos, se han empleado distintas metodologías y tecnologías. Actualmente la producción cartográfica se ha beneficiado con el desarrollo de los drones y técnicas de procesamiento de información como la fotogrametría. El sobrevolar un área determinada para obtener fotografías aéreas, y posteriormente en gabinete generar una nube de puntos, modelos digitales de elevación (MDE), (Flener et al., 2013) y Ortomosaicos (Hernández López, 2006) hacen que esta tecnología y técnica sean muy eficientes y necesarias para la caracterización de los factores naturales de un área.

A nivel de trabajos naturales e ingenieriles, la información topográfica y fotogramétrica es de mucha utilidad en la caracterización de la cobertura vegetal, identificación de cuerpos de agua como lagos, lagunas, ríos y quebradas, en la planificación y trazo de obras, deslinde predial, análisis morfológico de zonas aluviales, etc (Tamminga et al. 2014). En los trabajos topográficos, el uso de los drones se evidencia en el proceso de captura, almacenamiento y transmisión de datos de campo al escritorio, además que permite levantar información de todo tipo de terreno a pesar de que no exista acceso al área de estudio, permite cubrir mayor cobertura en menos tiempo, etc (Pozuelo, Andrés, & Jordana, 2013).

#### **c) Reconocimiento de las franjas de protección de ríos y quebradas**

Existe un gran potencial de aplicación de la tecnología de drones en el monitoreo de corredores ribereños, principalmente, para estimar características morfológicas, límite de máxima crecida sobre su propio lecho comparando fotografías aéreas anteriores en épocas seca y lluviosa (Aguilar, 2016). También se utiliza las fotografías aéreas obtenidas con drones en el monitoreo de los niveles de erosión presentes en las riberas, utilizando sensores especializados para estimar los niveles de agua en quebradas, ríos, lagos y lagunas.

Para reconocer de manera correcta el lecho de las quebradas, ríos, lagos y lagunas, se utiliza la ortofoto obtenida, ya que es de excelente calidad y de una resolución muy alta, permitiendo observar los detalles del cuerpo de agua y sus riberas, para posteriormente en el software ArcGis proceder a realizar la delimitación espacial mediante el uso de herramientas de dibujo vectorial, definiendo posteriormente de acuerdo al área de influencia determinada en la legislación, el ancho de la franja de protección de cada tramo del cuerpo de agua, en el caso de ríos y quebradas; y del límite perimetral en el caso de lagos y lagunas.

## 5. CONCLUSIONES

La cobertura vegetal que se presenta en la franja de protección del río Chorlaví, usando información obtenida con drones cubre una superficie de 17,29 hectáreas en 4.750,78 metros de río, en el cual se evidenció la existencia de vegetación arbustiva que representa la mayoría del área de estudio, así también cultivos y áreas sin cobertura vegetal, esto último debido principalmente a las pendientes muy fuertes en todo el recorrido de la franja de protección del río.

La información procesada de las encuestas realizadas ratifican que el dron al ser de tamaño reducido permite un manejo sencillo, llegando a zonas donde el ser humano no es capaz de ingresar fácilmente, también dispone de una capacidad de vuelo autónomo y su control se realiza mediante un equipo remoto, y con ello la transmisión, procesamiento y explotación de imágenes y datos son en tiempo real y de alta resolución, con un menor costo de inversión comparando con equipos tradicionales, así también permite que más usuarios tengan alcance a los equipos por el costo accesible que tienen.

La propuesta metodológica para el análisis de cobertura vegetal mediante imágenes obtenidas con drones en franjas de protección de ríos se elaboró considerando factores climáticos y características irregulares del territorio y comprende cinco pasos principales, reconocimiento del área de estudio usando un software disponible en la web, preparación de materiales y equipos, cantidad y estado de las baterías y medios de almacenamiento, planificación del vuelo, obtención directa de datos y fotografías en campo mediante vuelo fotogramétrico apoyados con equipos GPS, y procesamiento computarizado y obtención del mosaico georreferenciado que se utilizarán en los análisis de información enfocado en la gestión y conservación de la cobertura vegetal y del recurso hídrico, como herramienta de aplicación para las instituciones.

## **6. RECOMENDACIONES**

Para el análisis de franjas de protección de ríos y quebradas se debería utilizar equipos tecnológicos como los drones, ya que con esta herramienta se obtiene información actualizada y se puede observar características específicas del área a estudiarse, con un nivel de detalle muy alto, que permiten proponer acciones y tomar decisiones en lo referente al ordenamiento territorial y la gestión del recurso hídrico.

Con la finalidad de continuar con los procesos investigativos y de conservación del recurso hídrico a nivel local, los Gobiernos Autónomos Descentralizados deberían incluir en sus Planes Operativos anuales, la adquisición de materiales, equipos y la contratación de técnicos que tengan conocimiento y experticia en el manejo de la tecnología drone.

Se debería trabajar conjuntamente con las Direcciones de Planificación de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales para implementar un programa de difusión y capacitación a su personal, con el uso de la Guía metodológica, para lograr un alcance mucho mayor sobre las ventajas de la tecnología drone en la gestión del recurso hídrico y el ordenamiento territorial.

## 7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Achicanoy, A. (2018). Análisis y proyección de las coberturas vegetales mediante el uso de sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica en la localidad de Suba, Bogotá-Colombia. *Gestión y Ambiente*, 41-58. doi:<https://doi.org/10.15446/ga.v21n1.68285>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2015). *Reglamento a la Ley Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del Agua*. Quito: LEXIS. Obtenido de <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Reglamento-a-la-LORHUyA.pdf>
- Agencia de Regulación y Control del Agua. (2016). *Estrategia Nacional de Calidad del Agua*. Quito: Secretaría del Agua. Obtenido de [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)
- Agencia de Regulación y Control Minero. (2019). *Catastro de Autorizaciones mineras*. Quito: IGM. Obtenido de <http://www.controlminero.gob.ec/>
- Aguilar, L. (2016). Evaluación de bosques tropicales mediante el uso de tecnología VANT. *Revista Germinar N° 19*, 14-15.
- Aldás, J. P. (2013). *Estudio de variación de la cobertura vegetal y estado actual del Cerro Imbabura aplicando herramientas GIS con fines de declaración de área protegida*. Ibarra: USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1726/1/106528.pdf>
- Alonso, F. (2016). *Sistemas de Información Geográfica - Cartografía y Geodesia. Sistemas de proyección*. Barcelona: UM. Obtenido de <https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario.pdf>
- Araya, A., Habtu, S., Hadgu, K., & Kebede, A. (2010). Test of AquaCrop model in simulating biomass and yield of water deficient and irrigated barley (*Hordeum vulgare*). *Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 9. doi:DOI: 10.1016/j.agwat.2010.06.021
- Arriola, S., Ferenz, A., & Rimolo, R. (2018). Fotogrametría terrestre con sistemas aéreos autónomos no tripulados. *InvestigaTEC N° 31*, 09-12.



- Bandini, F., Jakobsen, J., Olesen, D., Reyna, A., & Bauer, P. (2017). Measuring water level in rivers. *Journal of Hydrology N° 548*, 237-250.
- Bandini, F., Jakobsen, J., Olesen, D., Reyna, A., & Bauer, P. (2017). Measuring water level in rivers and lakes from lightweight Unmanned Aerial Vehicles. *Journal of Hydrology, Vol 584*, 237-250.
- Bautista, R. (2018). *Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para análisis de datos NDVI en imágenes espectrales de cultivos de brócoli obtenidos mediante una aeronave pilotada remotamente*. Riobamba: ESPOCH. Obtenido de <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8034/1/20T00959.PDF>
- Benito, J. A. (2015). *Integración de un UAV (vehículo aéreo no tripulado) en la plataforma robótica ARGOS*. Madrid: UAM. Obtenido de <http://arantxa.ii.uam.es/~jms/pfsteleco/lecturas/20150407JuanAlbertoBenitoCarrasco.pdf>
- Berrío, V., Mosquera, J., & Alzate, D. (2015). Uso de drones para el análisis de imágenes multiespectrales en agricultura de precisión. *Ciencia y Tecnología Alimentaria N° 13*, 28-40.
- Borja, F. (1998). *Reconocimiento Biofísico de Espacios Naturales Protegidos. Doñana: una aproximación ecosistémica*. Andalucía: Junta de Andalucía. doi:ISBN: 84-89650-22-5
- Cárdenas, A., Rivera, L., Gómez, B., Valencia, G., Acosta, H., & Correa, J. (2018). Short communication: Pollution-andgreenhouse gases measurement system. *Measurement, Vol 129*, 565-568.
- Cassells, H. (2005). *Diseño de una guía metodológica para la elaboración de un plan de gestión ambiental a nivel institucional*. Managua: UNA. Obtenido de <https://repositorio.una.edu.ni/1078/1/tnp10c344.pdf>
- COIP. (2015). *Código Orgánico Integral Penal*. Quito: Ecuador. Obtenido de [https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/EQU/INT\\_CEDAW\\_ARL\\_ECU\\_18950\\_S.pdf](https://tbinternet.ohchr.org/Treaties/CEDAW/Shared%20Documents/EQU/INT_CEDAW_ARL_ECU_18950_S.pdf)
- Constitución Política de la República del Ecuador. (11 de Agosto de 2008). Constitución Política de la República del Ecuador. Montecristi, Manabí, Ecuador: Registro Oficial No. 1.

- COOTAD. (2010). *Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización (COOTAD)*. Quito: Ecuador. Obtenido de <https://amevirtual.gob.ec/wp-content/uploads/2017/04/08-CODIGO-ORGANICO-DE-ORGANIZACION-TERRITORIAL-COOTAD.pdf>
- Couclelis, H. (1992). *People Manipulate Objects (but Cultivate Fields): Beyond the Raster-Vector Debate in GIS*. Santa Bárbara: Prince. Obtenido de [https://www.researchgate.net/profile/Helen\\_Couclelis/publication/221589734\\_People\\_Manipulate\\_Objects\\_but\\_Cultivate\\_Fields\\_Beyond\\_the\\_Raster-Vector\\_Debate\\_in\\_GIS/links/0046353b43578c4540000000/People-Manipulate-Objects-but-Cultivate-Fields-Beyond-the-Raste](https://www.researchgate.net/profile/Helen_Couclelis/publication/221589734_People_Manipulate_Objects_but_Cultivate_Fields_Beyond_the_Raster-Vector_Debate_in_GIS/links/0046353b43578c4540000000/People-Manipulate-Objects-but-Cultivate-Fields-Beyond-the-Raste)
- Díaz, J. (2015). *Estudio de Índices de vegetación a partir de imágenes aéreas tomadas desde UAS/RPAS y aplicaciones de estos a la agricultura de precisión*. Madrid: UCM. Obtenido de [https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM\\_Juan\\_Diaz\\_Cervignon.pdf](https://eprints.ucm.es/31423/1/TFM_Juan_Diaz_Cervignon.pdf)
- Domínguez, L. A. (2012). *Análisis de sistemas de información*. México: Red Tercer Milenio. doi:ISBN: 978-607-733-105-6,
- Durán, R. (2019). Distribución espacial de la vegetación. *Biodiversidad, ecosistemas y comunidades*, 131-135. Obtenido de <https://www.cicy.mx/Documentos/CICY/Sitios/Biodiversidad/pdfs/Cap3/03%20Distribucion%20espacial.pdf>
- El Meouche, R., Hijazi, I., Poncet, P., Abunemeh, M., & Rezoug, M. (2016). *UAV Photogrammetry implementation to enhance land surveying, comparisons and possibilities . The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information*. Paris.
- Escalante, B. (2016). *Procesamiento Digital de Imágenes*. México: UNAM. Obtenido de [http://lapi.fi-p.unam.mx/wp-content/uploads/PDI\\_Cap4\\_Realce-de-la-Imagen.pdf](http://lapi.fi-p.unam.mx/wp-content/uploads/PDI_Cap4_Realce-de-la-Imagen.pdf)
- FAO. (2008). *Apoyo a la rehabilitación productiva y el manejo sostenible de microcuencas en municipios de Ahuachapán a consecuencia de la tormenta Stan y la erupción del volcán Ilamatepec*. San Salvador: GCP. Obtenido de <http://www.fao.org/climatechange/30329-07fbead2365b50c707fe5ed283868f23d.pdf>

- Ferrer, A. (2015). *El potencial de los vuelos no tripulados en el complejo agroalimentario Andaluz*. Córdoba: ETSIAM. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios\\_informes/16/04/Estudio\\_Potencial\\_de\\_los\\_Vuelos\\_no\\_Tripulados\\_0.pdf](https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/estudios_informes/16/04/Estudio_Potencial_de_los_Vuelos_no_Tripulados_0.pdf)
- García, W. (2012). *El sistema complejo de la cuenca hidrográfica*. Lima: Limeño. Obtenido de [https://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos\\_Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf](https://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos_Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregrado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf)
- George, S., Reyes, G., Rondón, D., Huechacona, A., Moctezuma, P., & Proust, S. (2017). Mapeando el desastre: Uso de drones para la ubicación y evaluación de daño después de un sismo de alta magnitud en el sureste de México. *Desde el Herbario CICY*, N° 9, 222-227.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de San Miguel de Ibarra. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial 2015-2019*. Ibarra: IMI. Obtenido de [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000260001\\_PD%20Y%20OT%20IBARRA%20UNIFICADO%20004\\_13-03-2015\\_17-34-44.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/1060000260001_PD%20Y%20OT%20IBARRA%20UNIFICADO%20004_13-03-2015_17-34-44.pdf)
- González, A., Amarillo, G., Amarillo, M., & Sarmiento, F. (2017). Drones aplicados a la agricultura de precisión. *Revista especializada en Ingeniería*, Vol 10, 23-27.
- Hall, M. (2003). *Síntesis estratigráfica del complejo volcánico Imbabura*. Quito: EPN. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/313717634\\_Sintesis\\_estratigrafica\\_del\\_complejo\\_volcanico\\_Imbabura](https://www.researchgate.net/publication/313717634_Sintesis_estratigrafica_del_complejo_volcanico_Imbabura)
- Hemmelder, S., Marra, W., Markies, H., & De Jong, S. (2018). Monitoring river morphology and bank erosion using. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* N° 124, 428-437.
- IGM. (2016). *Cartografía del Ecuador continental Escala 1:25000*. Quito: IGM. Obtenido de <http://www.geoportaligm.gob.ec/portal/>

- IGM. (2016). *Especificaciones técnicas para la producción de cartografía Escala 1:5000*. Quito: IGM. Obtenido de <http://www.igm.gob.ec/work/files/downloads/especcarto3.html>
- Ilustre Municipio de Ibarra. (2000). *Ordenanza que determina la franja de protección de las riveras del río Tahuando y sus usos del suelo*. Ibarra: IMI. Obtenido de [http://documentos.ibarra.gob.ec/uploads/documentos/ORDENANZA/ordenA\\_21-11-2000.pdf](http://documentos.ibarra.gob.ec/uploads/documentos/ORDENANZA/ordenA_21-11-2000.pdf)
- Instituto Ecuatoriano Espacial. (2014). *Cartografía temática Escala 1:25000*. Latacunga: CLIRSEN.
- Instituto Nacional de Biodiversidad. (2019). *Inventario Nacional Forestal, Monitoreo satelital de la degradación y su integración con datos del Inventario Nacional Forestal*. Quito: INABIO. Obtenido de <http://inabio.biodiversidad.gob.ec/2019/01/30/20-inventario-nacional-forestal-monitoreo-satelital-de-la-degradacion-y-su-integracion-con-datos-del-inventario-nacional-forestal/>
- Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología. (2016). *Anuarios hidrometeorológicos a nivel nacional*. Quito: INAMHI. Obtenido de <https://www.gob.ec/inamhi>
- Kharuf, S. (2018). *Análisis de imágenes multiespectrales adquiridas con vehículos aéreos no tripulados*. La Habana: EAC. doi:ISSN 1815-5928
- Klein, A., Dalla Corte, A., Péllico, S., Strager, M., & Schoeninger, E. (2018). Tree detection: automatic tree detection using UAV-based data. *Floresta, Vol 48*, 393-402.
- Koh, L., & Wich, S. (2012). Dawn of drone ecology: low-cost autonomous aerial vehicles for conservation. *Tropical Conservation Science VolII, N° 5*, 121-132.
- Landsat Data Continuity Mission. (2013). *Descripción y Corrección de Productos Landsat 8*. Bogotá: IGAC. Obtenido de <http://www.un-spider.org/sites/default/files/LDCM-L8.R1.pdf>
- Ledesma, N. (2019). *Los drones y sus aplicaciones a la ingeniería*. Santiago del Estero: UNSE. doi:ISBN 978-987-1676-78-1
- López, P. (2015). *Metodología de la investigación social cuantitativa*. Barcelona: Creative commons. Obtenido de [https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163567/metinvsocua\\_a2016\\_cap2-3.pdf](https://ddd.uab.cat/pub/caplli/2016/163567/metinvsocua_a2016_cap2-3.pdf)

- Mahony, R. (2012). Multirotor Aerial Vehicles: Modeling, Estimation, and Control of Quadrotor. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 20-32.
- Maza, C. (2012). *Clasificación y análisis de la cobertura vegetal sobre la subcuenca Zamora Huayco - cantón Loja*. Loja: UTPL. Obtenido de <http://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/2218>
- Ministerio del Ambiente. (2017). *Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria "TULAS"*. Quito: LEXIS. Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>
- Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. (2018). *Cartografía especializada Escala 1:25000*. Quito: MAAE.
- Monje, C. (2011). *Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa - Guía didáctica*. Neiva: USC. Obtenido de <https://www.uv.mx/rmipe/files/2017/02/Guia-didactica-metodologia-de-la-investigacion.pdf>
- Morales Hernández, J. C., & Carrillo González, F. M. (2016). Cambio de cobertura vegetal en la región de Bahía de Banderas, México. *Revista Colombiana de Biotecnología* vol. XVIII núm. 1. Obtenido de <https://www.redalyc.org/jatsRepo/776/77645907002/html/index.html>
- Ojeda, W. (2016). *Uso y manejo de drones con aplicaciones al sector hídrico*. Morellos: Jiutepec. doi:ISBN 978 -607-9368-79-1
- Orfanó, E., Neves, M., Muñoz, E., & Papa, A. (2016). LIDAR-based estimation of bole biomass for precision management of an Amazon forest: Comparisons of ground-based and remotely sensed estimates. *Remote Sensing of Environment*, V 187, 281-293.
- Organización de Aviación Civil Internacional. (2020). *Sistemas de aeronaves no tripuladas (UAS)*. Montréal: ICAO. doi:ISBN 978-92-9231-809-3
- Paz, P. (2017). *Uso de drones para el monitoreo de cambios de coberturas detectados por terra-i en Yurimaguas*. Lima: Lima. Obtenido de <http://www.terra-i.org/es/news/news/Drone-monitoring-of-land-cover-changes-detected-by-Terra-I-in-Yurimaguas--Peru.html>

- Pérez Vasco, D. F. (2012). *Identificación de ecosistemas en la Provincia de Napo - Ecuador mediante análisis digital de imágenes satelitales*. Quito: USFQ. Obtenido de <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/2177>
- Pineda, O. (2011). *Análisis de cambio de uso de suelo mediante percepción remota en el municipio de Valle de Santiago*. México: CentroGeo. Obtenido de <https://centrogeo.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1012/41/1/21-2011-Tesis-Pineda%20Pastrana%2C%20Oliva-Maestra%20en%20Geom%C3%A1tica.pdf>
- Planifica Ecuador. (2018). *Ley Orgánica de Ordenamiento Territorial, Uso y Gestión del Suelo*. Quito: STPE. Obtenido de [https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/LOOTUGS-Conceptos-Basicos\\_oficial\\_8M.pdf](https://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/06/LOOTUGS-Conceptos-Basicos_oficial_8M.pdf)
- Rodríguez, F. (2006). CUENCAS HIDROGRÁFICAS, DESCENTRALIZACIÓN Y DESARROLLO REGIONAL. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 113-125. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/666/66612867008.pdf>
- Ruales Salazar, D. N. (2018). *Pertinencia del uso de Drones en la caracterización geoespacial del módulo dos junta de agua de riego de la comuna Morlán, Imbabura*. Ibarra: UTN. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/7880>
- Secretaría del Agua. (2014). *Ley Orgánica de Recursos Hídricos Uso y Aprovechamiento del Agua*. Quito: LEXIS. Obtenido de <https://www.agua.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/LEYD-E-RECURSOS-HIDRICOS-II-SUPLEMENTO-RO-305-6-08-204.pdf>
- Secretaría Nacional de Gestión de Riesgos. (2019). *Atlas de Riesgos y Vulnerabilidades Ecuador 2019*. Quito: IGM. Obtenido de <https://srvportal.gestionderiesgos.gob.ec/portal/home/>
- Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2017). *Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021*. Quito: SENPLADES. Obtenido de [https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\\_0K.compressed1.pdf](https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL_0K.compressed1.pdf)
- Solano, M. (2011). *Impacto ambiental por aguas residuales y residuos sólidos en la calidad del agua de la parte media- alta de la microcuenca del río Damas y propuesta de manejo*. Costa Rica: UNA. Obtenido de

<https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Impacto%20ambiental%20por%20aguas%20residuales%20y%20residuos%20s%C3%B3lidos%20en%20la%20calidad%20del%20agua.pdf>

Tadeo, M. (2015). *Heterogeneidad del paisaje y percepción remota. Evaluación de métodos para clasificar la cobertura vegetal en el occidente de México*. Guadalajara: UDG. Obtenido de [http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/tesis\\_miroslava\\_tadeo\\_completa.pdf](http://www.cucsur.udg.mx/sites/default/files/tesis_miroslava_tadeo_completa.pdf)

Tomlinson, R. (2007). *Pensando en el SIG : planificación del sistema de información geográfica dirigida a gerentes*. California: Redlands. Obtenido de <https://www.worldcat.org/title/pensando-en-el-sig-planificacion-del-sistema-de-informacion-geografica-dirigida-a-gerentes/oclc/630906424>

Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2016). *Manual de trabajos de grado de especialización y maestría y tesis doctorales*. Caracas. Obtenido de <https://docer.com.ar/doc/5e5cs8>

Universidad Técnica del Norte. (2016). *Líneas de investigación UTN*. Ibarra: UTN. Obtenido de [https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page\\_id=2667](https://www.utn.edu.ec/web/uniportal/?page_id=2667)

Villagómez, D. (2013). *Thermochronology and tectonics of the Central and Western Cordilleras of Colombia- Early Cretaceous–Tertiary evolution of the Northern Andes*. Medellín. doi:<http://dx.doi.org/10.18273/revbol.v39n2-2017001>

World Vision. (2016). *Manual de manejo de cuencas*. Ottawa: CARE. Obtenido de [https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/MANUAL-DE-MANEJO-DE-CUENCAS\\_COMPLETO.pdf](https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/MANUAL-DE-MANEJO-DE-CUENCAS_COMPLETO.pdf)

## 8. ANEXOS

### 8.1. Anexo 1.

*Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorlaví*

N°	Uso	Concesionario	Personas beneficiarias	Lugar de la concesión	Coordenadas		Altitud (msnm)
					x	y	
1	Doméstico	Com. Compañía de Jesús	600	San Antonio - Ibarra	817261	10033200	3200
2	Doméstico	Coop. 20 de Octubre	1.221	Caranqui - Ibarra	817766	10034697	2365
3	Doméstico	Bar. Turupamba	700	Caranqui - Ibarra	817800	10034700	2380
4	Doméstico	Bar. Sto. Domingo	4.554	San Antonio - Ibarra	817200	10035000	2315
5	Doméstico	Com. Sto. Domingo	2.376	San Antonio - Ibarra	817600	10035400	2400
6	Doméstico	Emapa	1	Caranqui - Ibarra	815400	10035550	2350
7	Doméstico	Asoc. de Profesores de Facultad de Ciencias Agropecuarias y Ambientales	0	San Antonio - Ibarra	816700	10036200	2300
8	Doméstico	Jta. Ad. Ag.Pot. Huertos Vacacionales	0	San Antonio - Ibarra	816700	10036200	2300
9	Doméstico	Jta. Adm. de A.P.Barrio San José de Chorlavi	1.335	Chorlavi-Ibarra	816979	10036705	2268
10	Doméstico	Com. Promejoras. Bar. Los Pinos	714	El Sagrario - Ibarra	816984	10036706	2267
11	Doméstico	Coop. Huertos Familiares S. Agustín	547	San Antonio - Ibarra	817260	10036889	2280



12	Doméstico	Bar. Tanguarín y Com. 12 de Junio y Paraíso	16.159	San Antonio - Ibarra	815700	10037200	2300
13	Doméstico	Jta. Ad. Ag. Pot. El Dique	3.000	San Antonio - Ibarra	814412	10037206	2380
14	Doméstico	Huertos Familiares	1	El Sagrario - Ibarra	817754	10038648	2182
15	Doméstico	Coop. Vivienda Popular 1	733	El Sagrario - Ibarra	818333	10038930	2190
16	Doméstico	Coop. Vivienda Popular 1	733	El Sagrario - Ibarra	818333	10038930	2190
17	Doméstico	Jta. Ag. Los Pinos	74	El Sagrario - Ibarra	818329	10038946	2184
18	Doméstico	Jta. Ag. Bar. El Milagro	2.606	El Sagrario - Ibarra	818408	10039045	2186
19	Doméstico	Bar. El Milagro Cananvalle	70	El Sagrario - Ibarra	817500	10039500	2170
20	Doméstico	Tapia Santos Jorge Gonzalo y Otro	2	El Sagrario - Ibarra	817400	10040100	2100
21	Doméstico	Ayala Antonio	1	Natabuela - Antonio Ante	812654	10034474	2634
22	Doméstico	Romero Moncayo Mana	600	Imbaya - Antonio Ante	817500	10041100	2078
23	Doméstico	Montalvo Rhea Eduardo	1	Imbaya - Antonio Ante	817324	10041659	2079
24	Industrial	Acosta Carrasco Nelson	13	San Antonio - Ibarra	816800	10037600	2200
25	Industrial	Tobar Álvarez María Eugenia	1	San Antonio - Ibarra	816900	10037600	2260
26	Riego	Portilla Francisco	150	San Francisco - Ibarra	815200	10033200	2350
27	Riego	López Falconi Luis Alberto	150	San Francisco - Ibarra	815200	10033200	2350
28	Riego	Vallejo Paz Augusto Javier	1	Caranqui-Ibarra	817936	10034630	2360
29	Riego	Imbaquingo Teodomiro	2	Caranqui - Ibarra	817766	10034697	2365

30	Riego	Coop. 20 de Octubre	1.225	Caranqui - Ibarra	817766	10034697	2365
31	Riego	Jta. Ag. Acq. La Argentina	74	San Antonio - Ibarra	816900	10034900	2390
32	Riego	López Rodrigo	1	San Francisco - Ibarra	817078	10034904	2347
33	Riego	Ayala Segundo y Otros	6	Caranqui - Ibarra	817078	10034904	2347
34	Riego	Uribe Cecilia	1	El Sagrario - Ibarra	817078	10034904	2347
35	Riego	Collahuazo Limaico Manuel y Otra	2	San Antonio - Ibarra	817042	10034906	2348
36	Riego	Directorio de Ag. Bar. La Florida	0	La Florida - Ibarra	817075	10034906	2354
37	Riego	Portilla Miguel Ángel	1	San Antonio - Ibarra	817076	10034907	2349
38	Riego	Duran Betancur Germánico	1	San Antonio - Ibarra	817092	10034918	2348
39	Riego	Tobar Segundo Miguel	1	Caranqui - Ibarra	817570	10035044	2350
40	Riego	Jta Ag. Los Benavides	21	San Antonio - Ibarra	816700	10035100	2260
41	Riego	Jta. Ag. Piacuchi 2 y 3	16	Caranqui - Ibarra	817200	10035100	2270
42	Riego	Junta de Aguas La Palestina	150	Caranqui - Ibarra	817750	10035200	2350
43	Riego	Jta. Ag. Piacuchi 1 y 2	9	Caranqui - Ibarra	817870	10035270	2280
44	Riego	Jta . Ag Piacuchi	21	Caranqui - Ibarra	817810	10035278	2315
45	Riego	Jta . Ag Piacuchi N° 01	21	Caranqui - Ibarra	817810	10035278	2315
46	Riego	Torres María Carmela	1	San Antonio - Ibarra	817096	10035313	2342
47	Riego	Muñoz Francisco y Otros	3	San Francisco - Ibarra	817812	10035443	2301
48	Riego	Jta. Ag. Acq. Sto. Domingo (La Florida)	74	San Antonio - Ibarra	816884	10035493	2320

49	Riego	Jta. Ag. La Palestina	16	Caranqui - Ibarra	816200	10035500	2310
50	Riego	Collahuazo Limaico Miguel	1	Caranqui - Ibarra	817500	10035500	2300
51	Riego	Coop. 17 de Diciembre	20	Caranqui - Ibarra	817820	10035547	2303
52	Riego	Farinango Meneses Miguel Ángel	1	Caranqui - Ibarra	817781	10035725	2281
53	Riego	Cuchipamba José y Otras	6	Caranqui - Ibarra	817730	10035810	2320
54	Riego	Jta. Ac. Santo Domingo	6	San Francisco - Ibarra	817061	10035897	2297
55	Riego	Jácome Mantilla Luis	1	San Francisco - Ibarra	817062	10035906	2309
56	Riego	Realpe Benavides Blanca Elisa	1	San Francisco - Ibarra	817062	10035906	2309
57	Riego	Chávez Montalvo Jorge Segundo	1	San Antonio - Ibarra	817626	10035917	2280
58	Riego	Garrido Claudio	79	San Antonio - Ibarra	816469	10035987	2317
59	Riego	Jta. Ag. Venegas	9	San Antonio - Ibarra	816166	10036039	2347
60	Riego	Potosí Yacelga José Antonio	1	San Antonio - Ibarra	814027	10036091	2484
61	Riego	Farinango Segundo	1	Caranqui - Ibarra	817890	10036100	2360
62	Riego	Cifuentes Juan Elías y Otro	1	San Francisco - Ibarra	818250	10036200	2240
63	Riego	Jta. Ag. Tanguarín	16	San Antonio - Ibarra	816640	10036339	2285
64	Riego	Carvajal José	1	San Antonio - Ibarra	817240	10036475	2284
65	Riego	Suarez Mariana y Otros	5	San Antonio - Ibarra	817600	10036500	2310
66	Riego	Duran Yépez Antonio y Otros	8	San Antonio - Ibarra	816164	10036577	2322
67	Riego	Jta. Ag. Acq. La Isla	45	San Antonio - Ibarra	817220	10036617	2665
68	Riego	Junta de Aguas Acq. La Isla	45	San Antonio - Ibarra	817220	10036617	2665

69	Riego	Jta. Ag. S. Antonio -Bajo	129	San Antonio - Ibarra	814150	10036700	2420
70	Riego	Montesdeoca Rivadeneira Nancy	1	San Antonio - Ibarra	815400	10036700	2300
71	Riego	Jta. Ag. Acq. S. Domingo - Cobuendo	73	San Antonio - Ibarra	817900	10036850	2300
72	Riego	Rivera Carmen y Otros	6	San Antonio - Ibarra	817260	10036869	2280
73	Riego	Jta de Ag. Acq. S. Clara	13	San Antonio - Ibarra	815835	10036883	2337
74	Riego	Rivera Luis Enrique y Otros	6	San Antonio - Ibarra	815976	10036919	2341
75	Riego	De Miranda María Luisa	1	San Francisco - Ibarra	818242	10036924	2247
76	Riego	De La Torre Jorge Nelson	1	San Francisco - Ibarra	817809	10036933	2244
77	Riego	Moncayo Estévez Luis Vicente	1	San Antonio - Ibarra	814300	10037000	2410
78	Riego	Angulo Vicente y Otros	3	San Antonio - Ibarra	817200	10037100	2280
79	Riego	Angulo Vicente y Otros	3	San Antonio - Ibarra	817200	10037100	2280
80	Riego	Jta. Ag. Sto. Domingo Chorlavi	22	San Antonio - Ibarra	817244	10037164	2235
81	Riego	Echeverria Rivadeneira David	1	San Antonio - Ibarra	814600	10037200	2370
82	Riego	Barrio Tanguarín	0	San Antonio - Ibarra	815700	10037200	2300
83	Riego	López María Edelmira	1	San Antonio - Ibarra	818300	10037200	2280
84	Riego	López María Edelmira	1	San Antonio - Ibarra	818300	10037200	2280
85	Riego	Jta. Ag. S. Mateo	22	San Antonio - Ibarra	816000	10037350	2200
86	Riego	Directorio de Ag. Nel Ovalo de Pugacho	24	San Francisco - Ibarra	817753	10037353	2249
87	Riego	Calero Ocampo José	1	San Antonio - Ibarra	816900	10037500	2220

88	Riego	Bedón Celestino y Otros	3	San Francisco - Ibarra	817600	10037500	2235
89	Riego	López Alfonso y Otros	5	San Antonio - Ibarra	816114	10037531	2283
90	Riego	Jta. Ag. El Laurel	44	Caranqui - Ibarra	818658	10037557	2253
91	Riego	Jta. Ag. El Laurel	44	Caranqui - Ibarra	818658	10037557	2253
92	Riego	Gallegos Jorge	1	San Antonio - Ibarra	814980	10037600	2260
93	Riego	Tobar Álvarez María Eugenia	1	San Antonio - Ibarra	817200	10037600	2260
94	Riego	Garrido Renan y Otros	2	San Antonio - Ibarra	817510	10037740	2200
95	Riego	Jta de Ag. Acq. Moras	33	San Antonio - Ibarra	815836	10037799	2291
96	Riego	Jta. de Ag. Santo Domingo de Chorlaví	8	San Antonio - Ibarra	816979	10037800	2225
97	Riego	Jta. Ag. Bellavista	10	San Antonio - Ibarra	815300	10037900	2295
98	Riego	Villegas Moisés (P.C.)	6	San Antonio - Ibarra	816100	10037900	2220
99	Riego	Cervantes José Miguel	1	San Francisco - Ibarra	818209	10038469	2243
100	Riego	Jta. Ag. El Trapiche y Alcantarilla	23	San Antonio - Ibarra	816800	10038850	2270
101	Riego	Gordillo Vinueza Hipolito	1	El Sagrario - Ibarra	817400	10039590	2180
102	Riego	Gordillo Vinueza Hipolito	1	El Sagrario - Ibarra	817400	10039590	2180
103	Riego	Guzmán Samuel Enrique	1	El Sagrario - Ibarra	818286	10039712	2162
104	Riego	Valles Tito María Mercedes y Otro	26	El Sagrario - Ibarra	818486	10039741	2191
105	Riego	Valles Tito María Mercedes y Otro	26	El Sagrario - Ibarra	818486	10039741	2191
106	Riego	Yépez Aldaz José Leonidas	1	El Sagrario - Ibarra	818237	10039754	2163

107	Riego	Vilañez Vilca Rosa Matilde	1	El Sagrario - Ibarra	818290	10039772	2165
108	Riego	Vilañez Vilca Rosa Matilde	1	Cananvalle	818290	10039772	2165
109	Riego	Villagómez Yépez Flor e Hidrobo Estrada Ángel Patricio	2	San Antonio - Ibarra	817835	10041949	1977
110	Riego	Villagómez Yépez Flor e Hidrobo Estrada Ángel Patricio	2	San Antonio - Ibarra	817835	10041949	1977
111	Riego	Hidrobo Estrada Patricio	1	Alpachaca - Ibarra	817835	10041949	1977
112	Riego	Villagómez Yépez Flor	1	Alpachaca - Ibarra	817835	10041949	1977
113	Riego	Garzón Alejandro y Otra	2	Imbaya - Antonio Ante	817449	10041007	2109
114	Riego	Romero Moncayo Mana	1	Imbaya - Antonio Ante	817500	10041100	2078
115	Riego	Villegas Rodrigo	1	Imbaya - Antonio Ante	817324	10041659	2079
116	Otros usos	Jta. Ag. Acq. La Argentina	74	San Antonio - Ibarra	816900	10034900	2390
117	Piscinas	Tobar Álvarez María Eugenia	1	San Antonio - Ibarra	816900	10037600	2260
<b>Total</b>			<b>38.869</b>				

## 8.2. Anexo 2.

### *Encuesta aplicada*

# Encuesta virtual a expertos en planificación territorial

A continuación se presenta un cuestionario dirigido a expertos en planificación territorial de los GADS y empresas consultoras que trabajan en el área de Influencia del trabajo de investigación: METODOLOGÍA PARA EL ANÁLISIS DE COBERTURA VEGETAL MEDIANTE IMÁGENES OBTENIDAS CON DRONES EN FRANJAS DE PROTECCIÓN DE RÍOS. CASO: RIO CHORLAVÍ, CIUDAD DE IBARRA. Por favor responder todas las preguntas planteadas.

\* Obligatorio

1

Qué información utilizan en la generación de cartografía temática del territorio? \*

2

En su institución disponen de información cartográfica para el análisis de cobertura vegetal? \*

Si

No

3

Conoce usted acerca del Uso de drones para obtención de fotografía aérea? \*

Si

No

1/19/2021

4

En su institución disponen de fotografía aérea generada con drones? \*

- Si
- No

5

Conoce el costo de obtener imágenes con drones? \*

- Si
- No

6



Califique la calidad de la imagen SATELITAL presentada a continuación del área de estudio "Río Chorlaví" (1=menor calidad; 10=mayor calidad) \*

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10

1/19/2021



7



Califique la calidad de la imagen obtenida con DRONE presentada a continuación del área de estudio "Río Chorlaví" (1=menor calidad; 10=mayor calidad) \*

- 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

8

Considera usted que el costo de obtención de imágenes SATELITALES por hectárea de \$0,50 es: \*

- Bajo  
 Medio  
 Alto  
 Muy alto

9

Considera usted que el costo de obtención de imágenes con DRONE por hectárea de \$20,00 es: \*

- Bajo  
 Medio  
 Alto  
 Muy alto

1/19/2021

10

Que prefiere utilizar para una planificación territorial adecuada con respecto a la obtención de imágenes aéreas \*

- Google earth
- Imágenes satelitales
- Ortofotografía SENPLADES
- Ortofotografía obtenida con DRONES

---

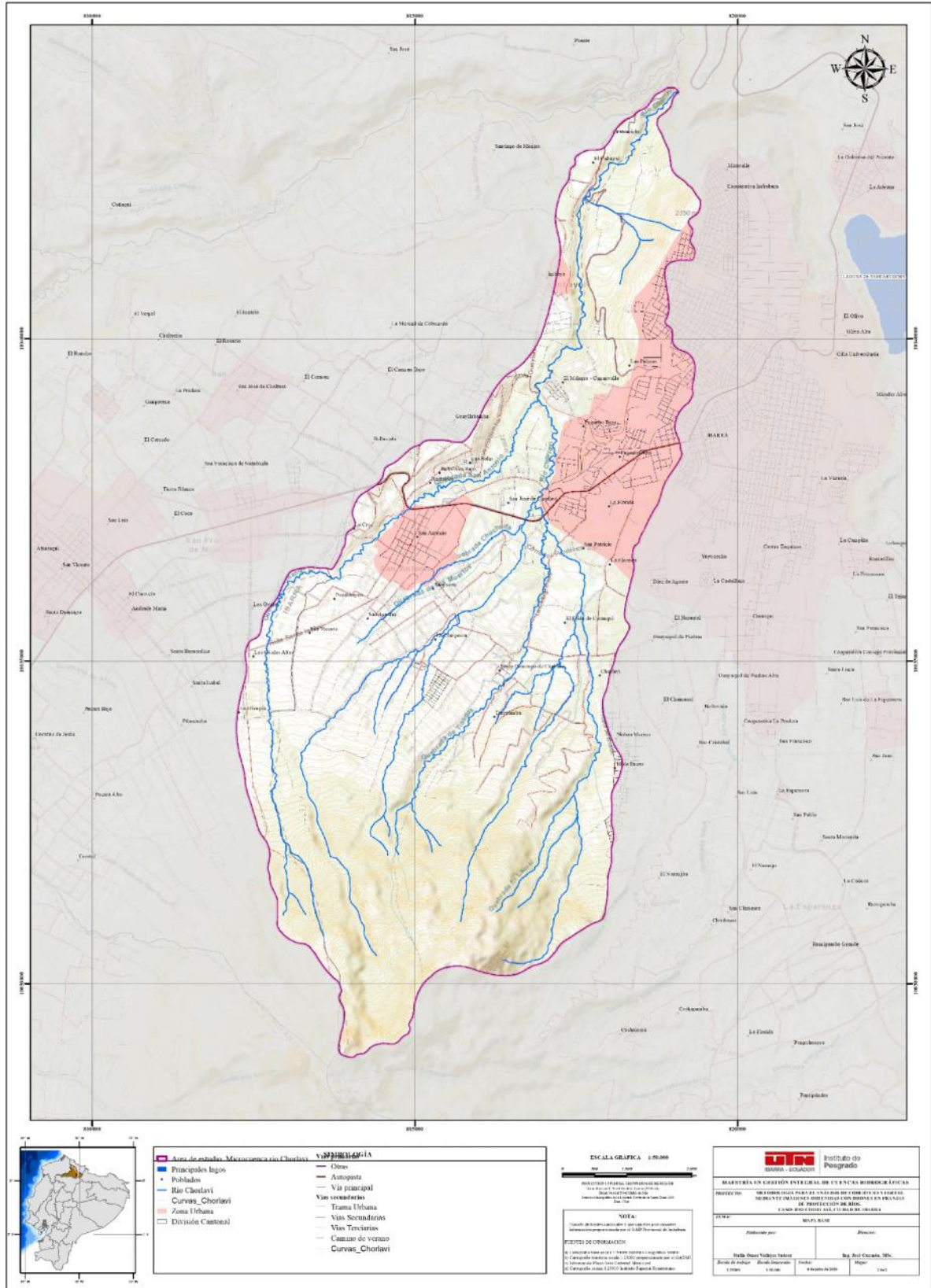
Este contenido no está creado ni respaldado por Microsoft. Los datos que envíe se enviarán al propietario del formulario.

 Microsoft Forms

1/19/2021

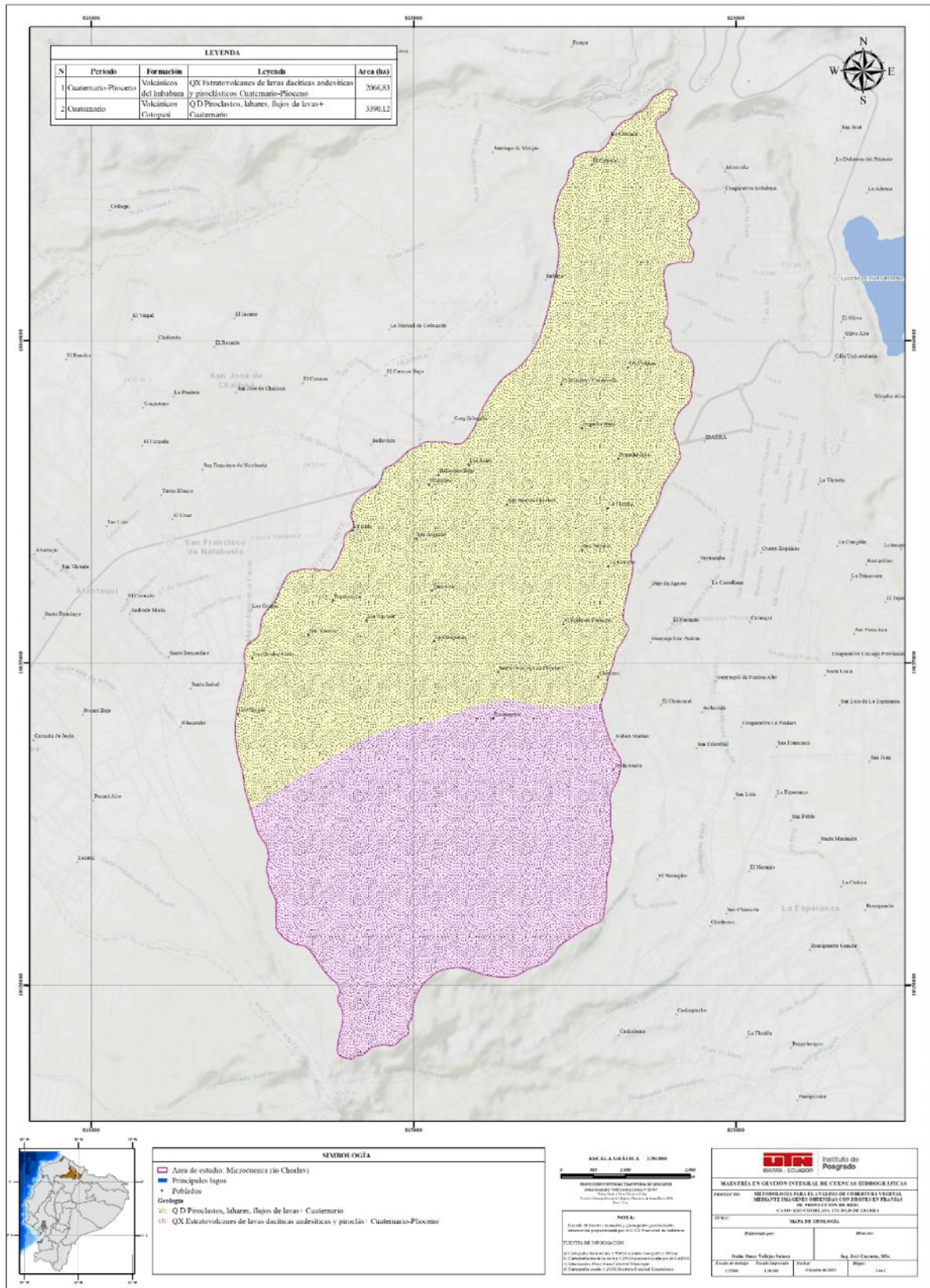


### 8.4. Anexo 4. Mapa base de la microcuenca del río Chorlaví

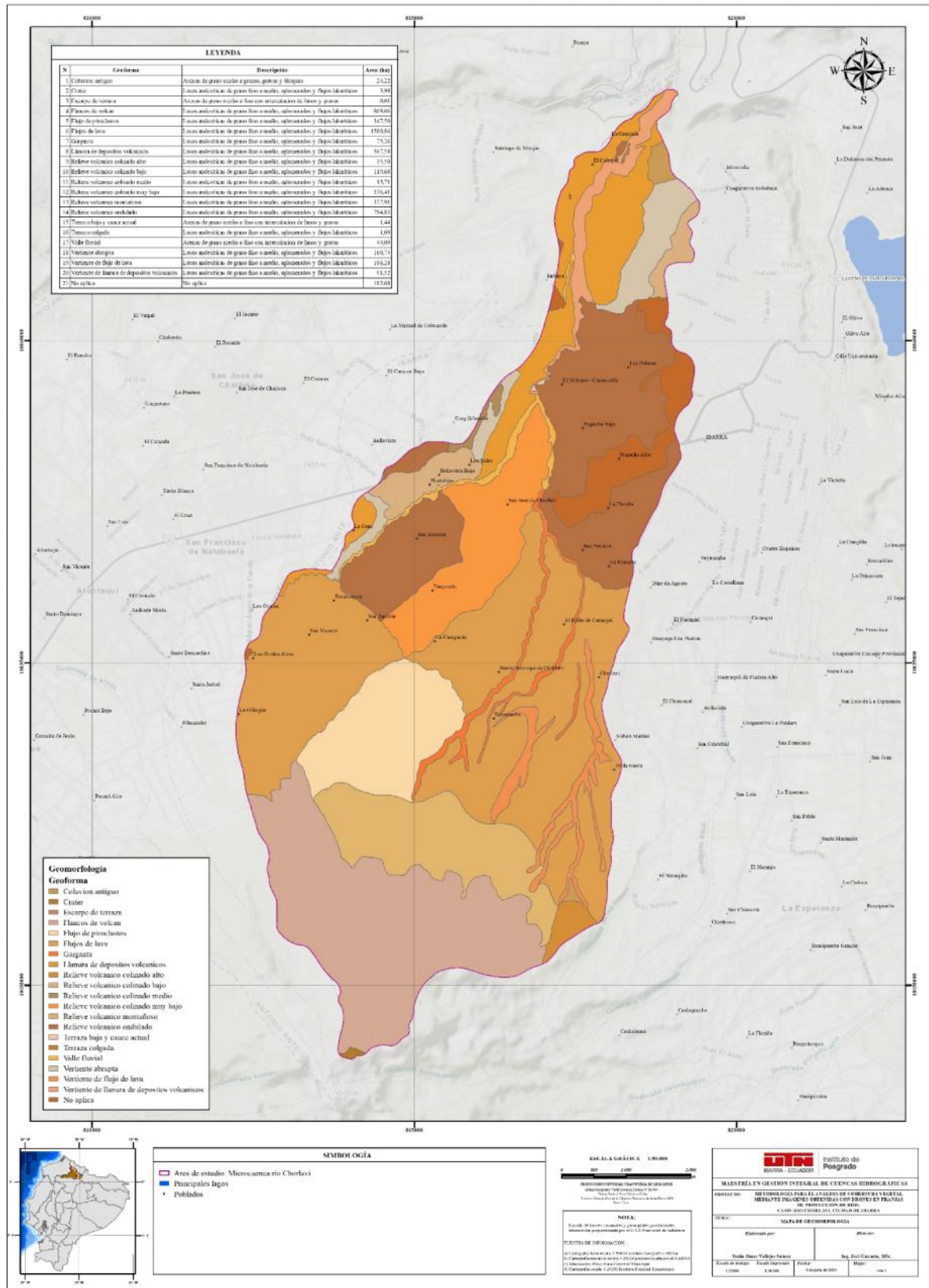




### 8.5. Anexo 5. Formaciones geológicas de la microcuenca del río Chorlaví

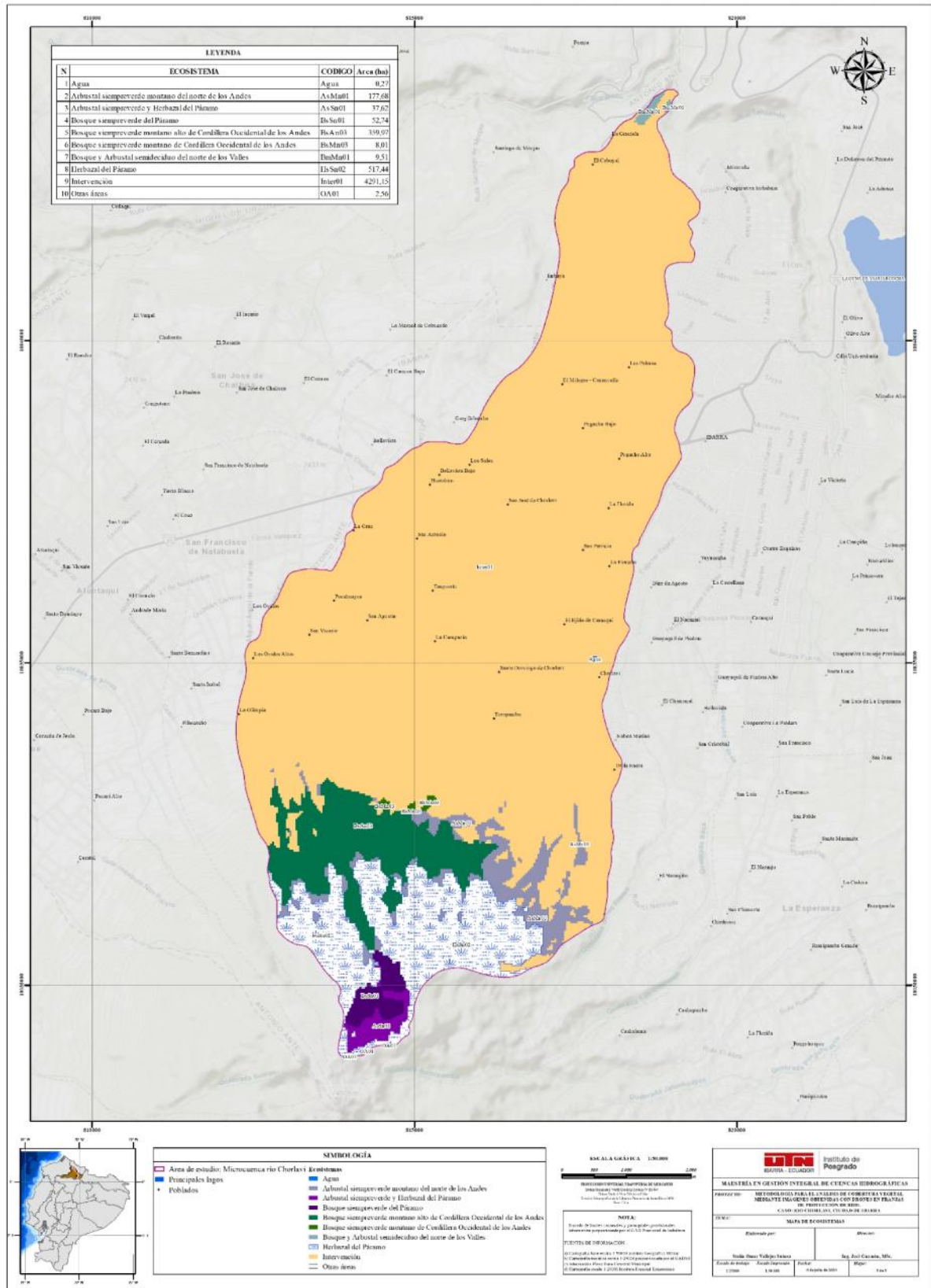


## 8.6. Anexo 6. Geomorfología de la microcuenca del río Chorlaví





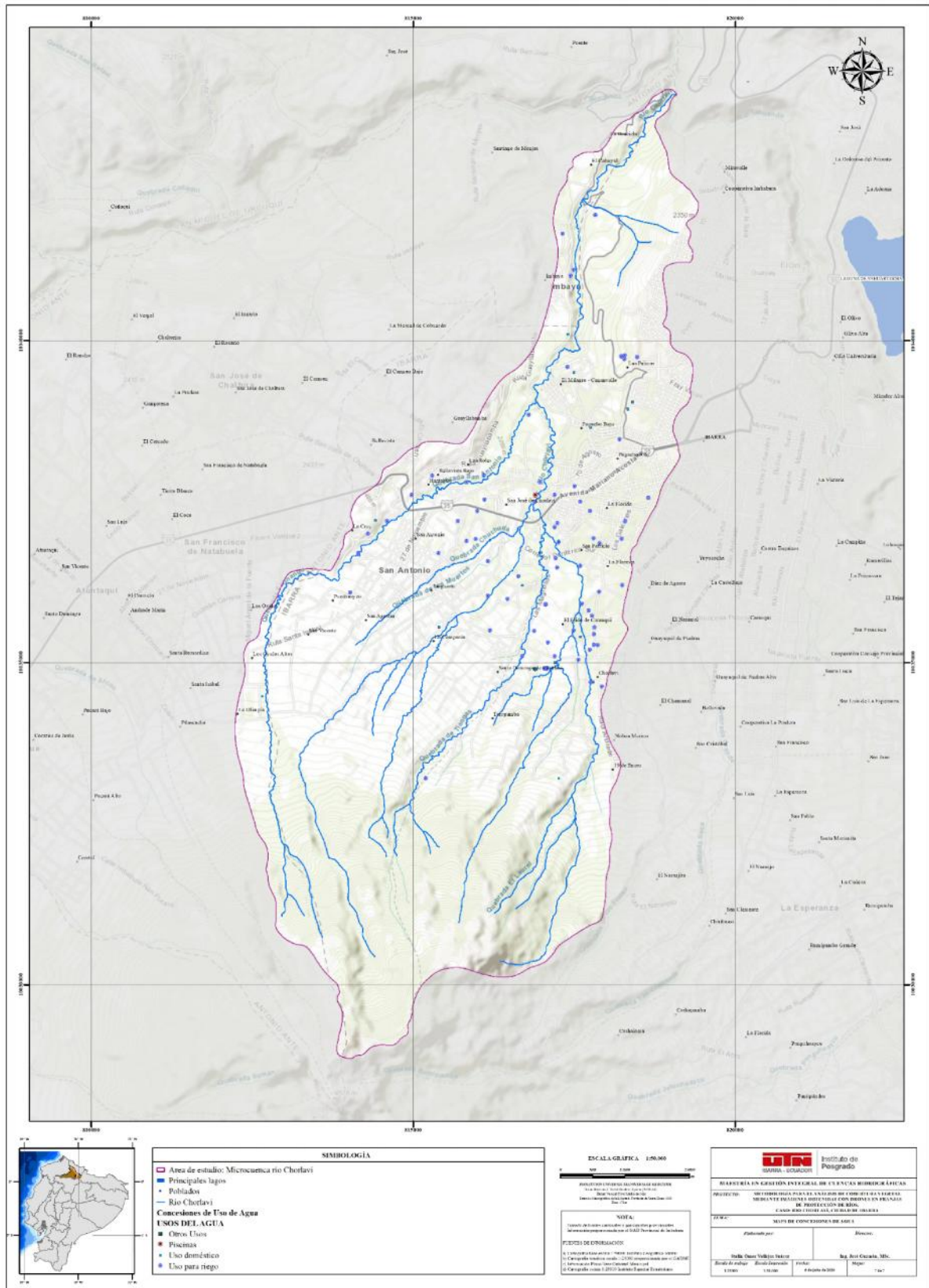
### 8.7. Anexo 7. Ecosistemas de la microcuenca del río Chorlaví



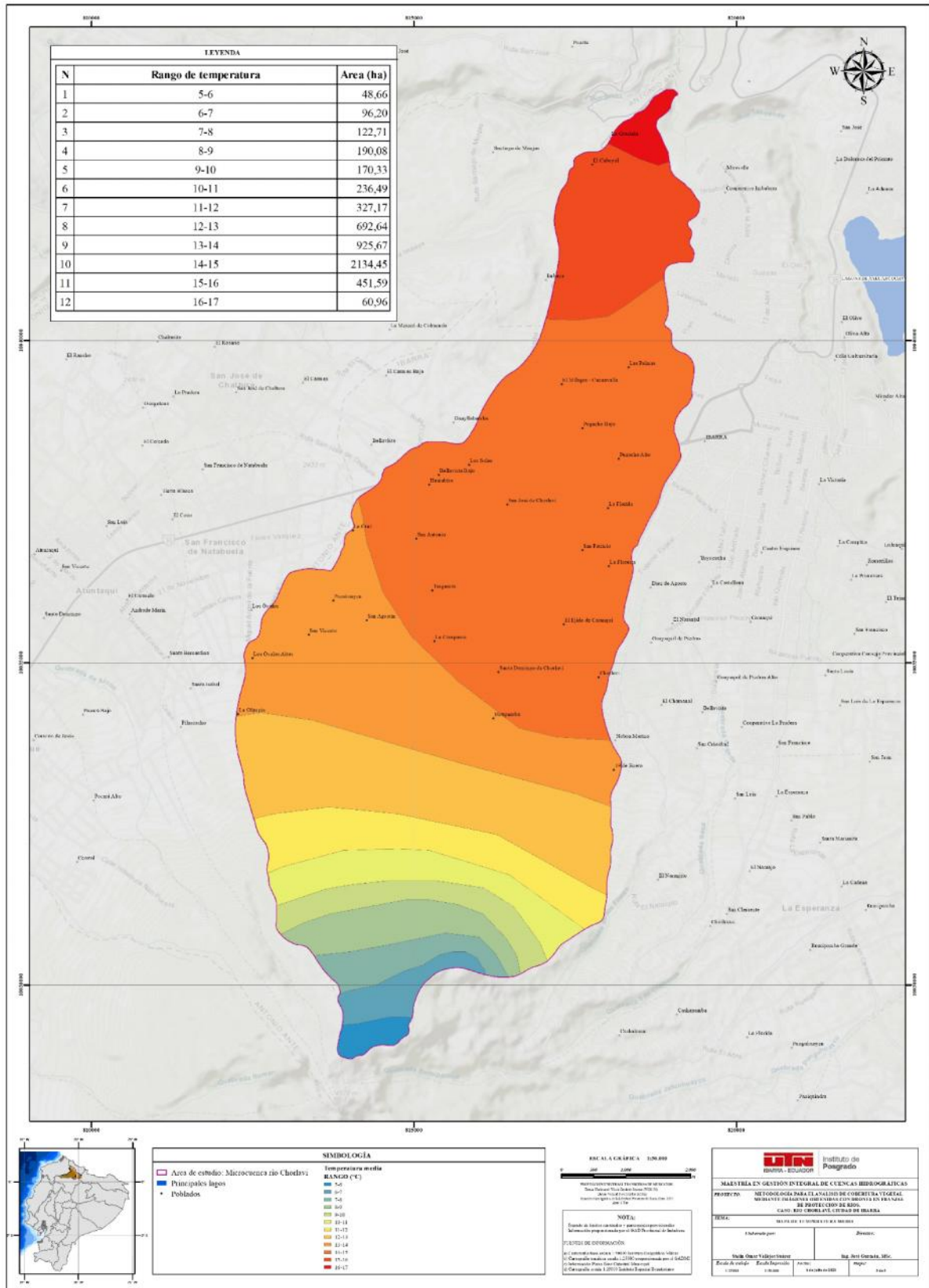




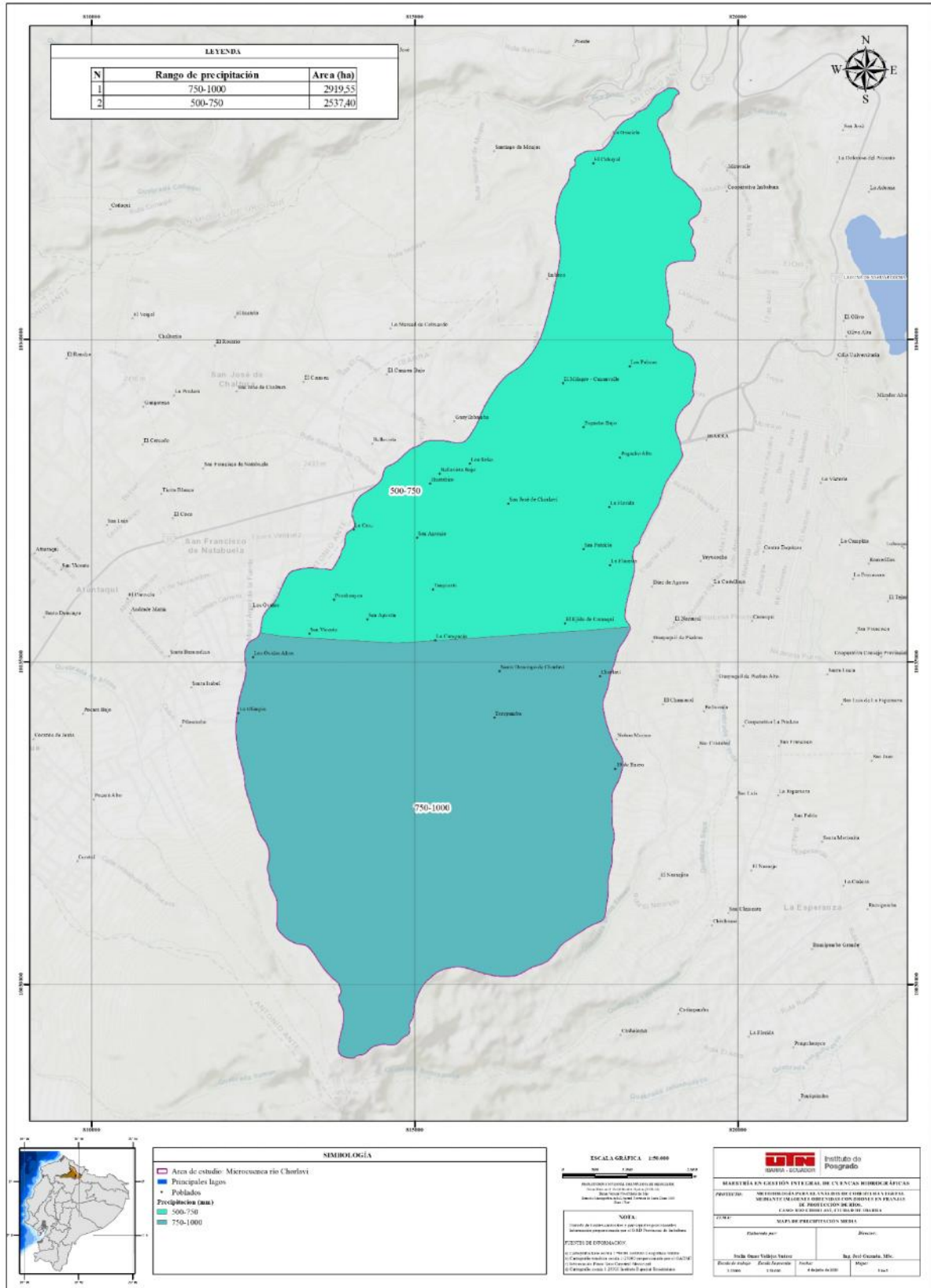
### 8.9. Anexo 9. Concesiones de agua de la microcuenca del río Chorlaví



### 8.10. Anexo 10. Temperatura de la microcuenca del río Chorlaví



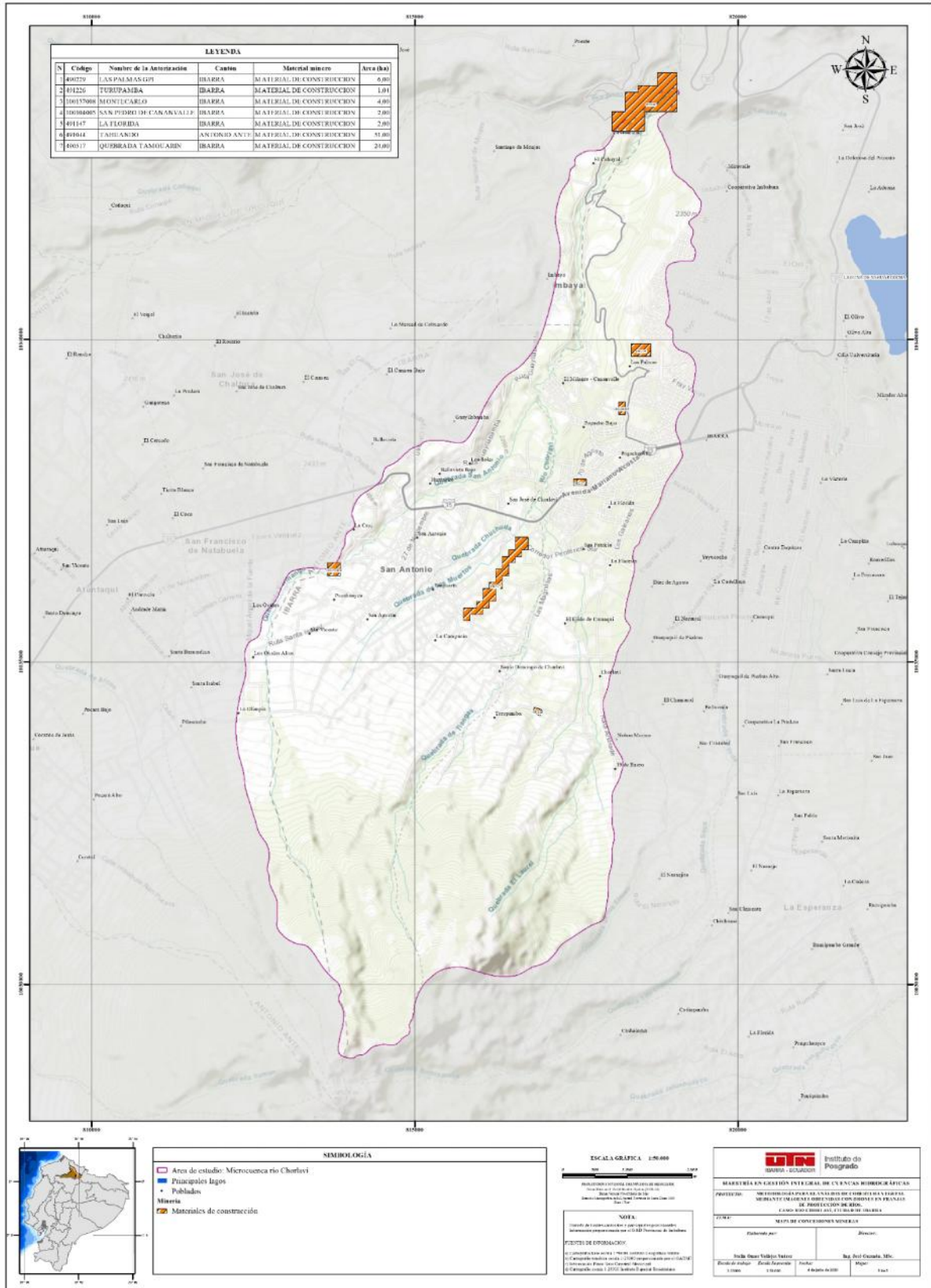
### 8.11. Anexo 11. Precipitación de la microcuenca del río Chorlaví



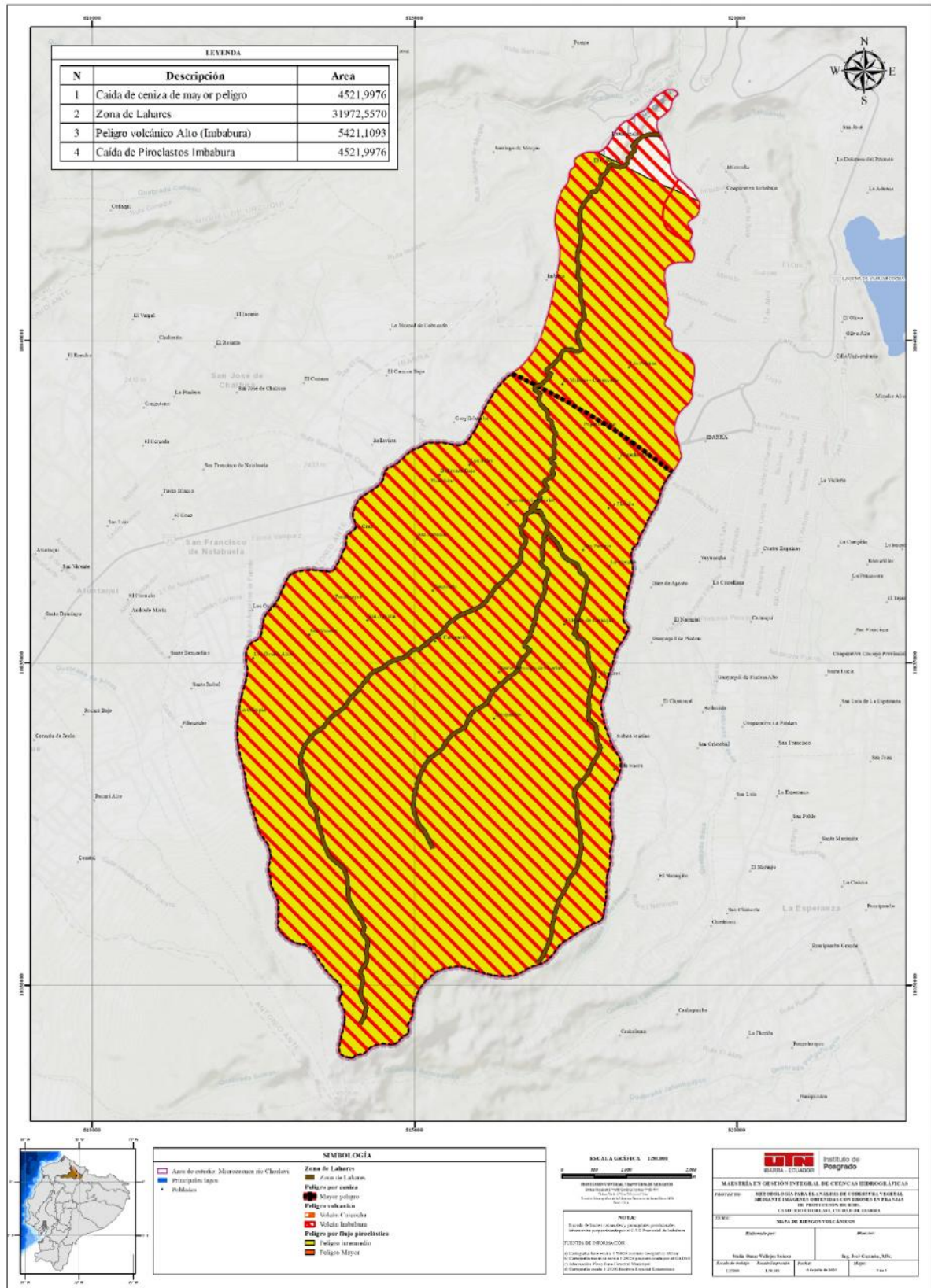




### 8.13. Anexo 13. Derechos mineros de la microcuenca del río Chorlaví

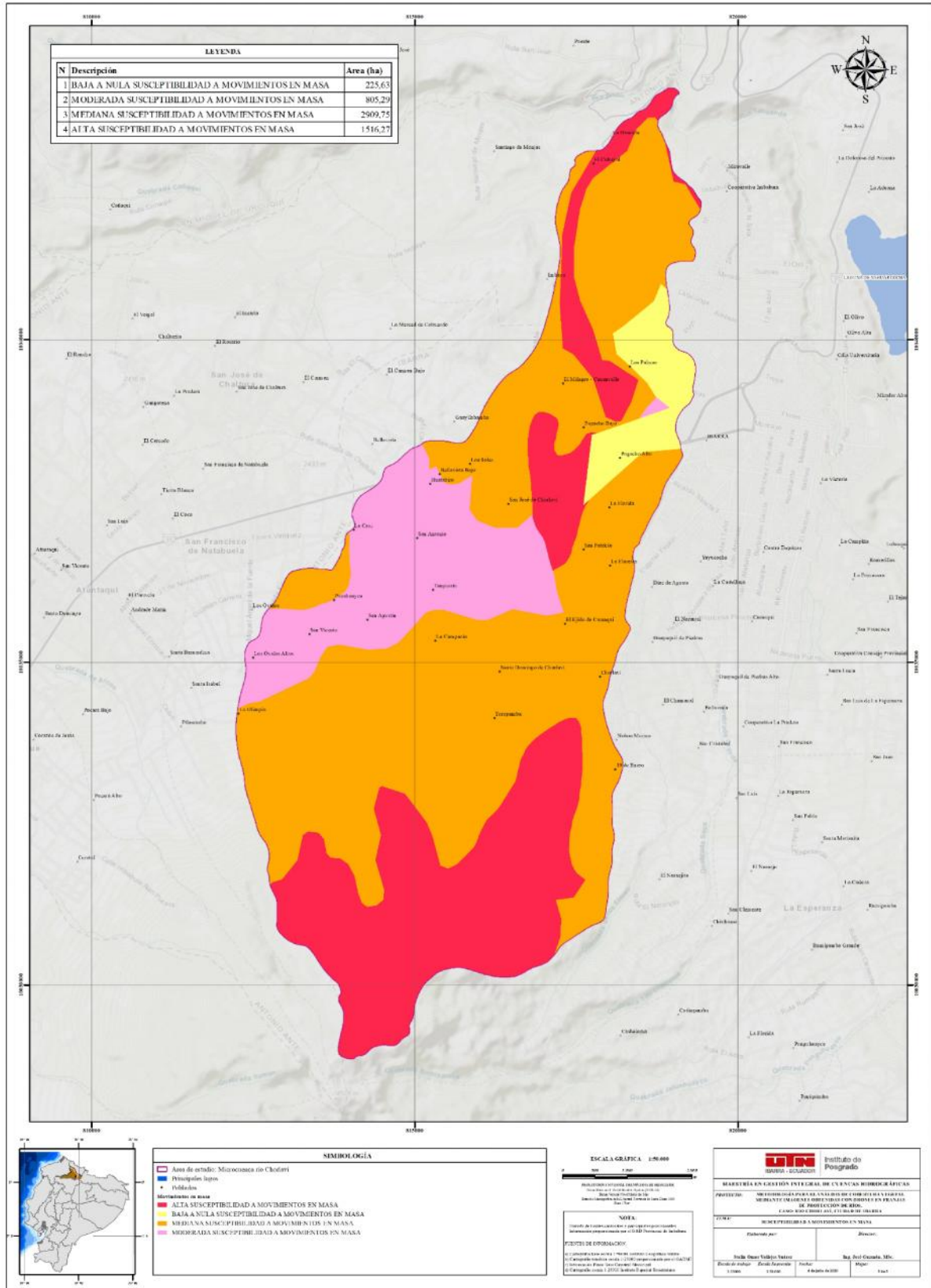


### 8.14. Anexo 14. Peligros volcánicos de la microcuenca del río Chorlaví





### 8.15. Anexo 15. Susceptibilidad a deslizamientos en la microcuenca del río Chorlaví



**8.16. Anexo 16. Cobertura vegetal con la imagen generada con dron y la información del IEE, 2018 en la franja de protección del río Chorlaví**

