



**UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA**

*Comunidad Educativa al servicio del Pueblo*

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA  
Y CONSTRUCCIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Inventario de las actividades antrópicas en la microcuenca del río Tabacay**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL  
TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR: LUIS MIGUEL ASTUDILLO FAJARDO**

**DIRECTOR: ING. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA MGS.**

**MATRIZ CUENCA**

**2017**

## **DECLARACIÓN**

Yo, Luis Miguel Astudillo Fajardo, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento; y eximo expresamente a la Universidad Católica de Cuenca y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

La Universidad Católica de Cuenca puede hacer uso de los derechos correspondientes a este trabajo, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y la normatividad institucional vigente.

---

**Luis Miguel Astudillo Fajardo**

**CI: 010552509-1**

## **CERTIFICACIÓN**

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Luis Miguel Astudillo Fajardo, bajo mi supervisión.

---

**Ing. AUGUSTO POLIBIO MARTÍNEZ VEGA Mgs.**

**DIRECTOR**

## AGRADECIMIENTO

*Un sincero agradecimiento a mi Director y Co-director de tesis, Ingeniero Polibio Martínez Vega e Ingeniero Carlos Matovelle Bustos, por todo el tiempo que me han dado, por sus sugerencias e ideas de las que tanto provecho he sacado, por el respaldo y la amistad.*

*También deseo mostrar mi gratitud a las diversas instituciones y personas que contribuyeron para hacer posible mi trabajo de investigación, apoyo sin el cual habría sido improbable culminar mi tesis.*

*A mis padres y abuelos por haberme forjado como la persona que soy; muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron constantemente para alcanzar mis anhelos. Gracias madre y padre.*

*A mi familia y amigos en general, sin ustedes esto tampoco habría sido posible. No puedo dejar pasar esta oportunidad sin decirles que los amo y que gracias a ustedes estoy donde estoy.*

*A todos y todas ustedes, mil gracias...*

## DEDICATORIA

*Mi trabajo de investigación se lo dedico especialmente a mi madre Rosa Victoria Fajardo Samaniego y mi padre Héctor Rodrigo Astudillo Fajardo, por creer en mí, ser los pilares más importantes en mi vida, por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.*

*A mi familia y amigos por su motivación y sabiduría que supieron transmitirme en el desarrollo de mi formación profesional.*

*Luis Miguel Astudillo Fajardo.*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN.....	i
CERTIFICACIÓN.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
DEDICATORIA.....	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	v
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABLAS.....	ix
LISTA DE ANEXOS.....	x
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
CAPÍTULO 1.....	- 1 -
1. INTRODUCCIÓN.....	- 1 -
1.1. Planteamiento del problema.....	- 1 -
1.2. Antecedentes.....	- 2 -
1.3. Objetivos.....	- 2 -
General.....	- 2 -
Específicos.....	- 2 -
1.4. Justificación.....	- 3 -
CAPÍTULO 2.....	- 4 -
2. MARCO TEÓRICO.....	- 4 -
2.1. Caracterización del inventario del recurso suelo.....	- 4 -
Recopilación de información.....	- 5 -
Fichas de campo.....	- 6 -
Visita in situ.....	- 6 -
2.2. Actividades antrópicas en zonas andinas ecuatorianas.....	- 7 -
Tipos de actividades antrópicas.....	- 7 -
Tipos de contaminación.....	- 8 -
Tipo de contaminación (puntual o difusa) que generan las actividades antrópicas.....	- 8 -

2.3. Entorno biológico de las zonas andinas ecuatorianas.....	- 9 -
Flora.....	- 9 -
Fauna.....	- 9 -
2.4. Caracterización hidrológica de una microcuenca.....	- 10 -
Delimitación.....	- 10 -
Línea divisoria.....	- 10 -
Área.....	- 10 -
Perímetro.....	- 10 -
Forma.....	- 11 -
Pendiente.....	- 11 -
Elevación.....	- 11 -
Red de drenaje.....	- 11 -
Tipos de suelo.....	- 12 -
2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG).....	- 12 -
Historia de los SIG.....	- 12 -
Modelos SIG.....	- 13 -
Georreferenciación.....	- 15 -
Ortofotos.....	- 15 -
Landsat.....	- 15 -
Mapas temáticos.....	- 16 -
CAPITULO 3.....	- 18 -
3. METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN.....	- 18 -
3.1. Materiales y métodos.....	- 18 -
Metodología para la caracterización geográfica y socioeconómica.....	- 19 -
Metodología para la generación de fichas de campo.....	- 20 -
Metodología para las visitas in situ.....	- 21 -
Metodologías para la caracterización hidrológica de la microcuenca.....	- 22 -
Metodología para el inventario de actividades antrópicas.....	- 23 -
Metodología para la evaluación y valoración de impactos ambientales que ocasionan las actividades antrópicas.....	- 23 -

Metodología para el análisis de imágenes satelitales (Ortofotos, Landsat). .....	- 25 -
Metodología para la elaboración de mapas temáticos. ....	- 26 -
CAPITULO 4.....	- 29 -
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	- 29 -
4.1. Resultados .....	- 29 -
Resultados de la caracterización morfométrica de la microcuenca. ....	- 29 -
Resultados del inventario de actividades antrópicas.....	- 30 -
Resultados del tipo de contaminación (puntual o difusa) al agua según la actividad productiva.....	- 34 -
Resultados de las incidencias de la contaminación de las actividades antrópicas sobre el ambiente.....	- 34 -
Resultados de la elaboración de los mapas temáticos.....	- 38 -
4.2. Análisis de los resultados. ....	- 58 -
CAPÍTULO 5.....	- 64 -
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	- 64 -
5.1. Conclusiones.....	- 64 -
5.2. Recomendaciones.....	- 65 -
BIBLIOGRAFÍA.....	- 66 -
ANEXOS.....	- 68 -



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Modelo Raster. ....	13 -
Figura 2. Modelo Vector.....	14 -
Figura 3. Reconocimiento de la microcuenca del río Tabacay. ....	21 -
Figura 4. Prueba piloto de las fichas de campo y recolección de datos in situ. ....	21 -
Figura 5. Microcuenca del río Tabacay. ....	22 -
Figura 6. Inventario de actividades antrópicas. Continúa página siguiente.....	31 -
Figura 7 Matriz de Identificación de Impactos "Microcuenca_río_Tabacay". ....	35 -
Figura 8. Matriz de Importancia de Impactos "Microcuenca_río_Tabacay". ....	36 -
Figura 9. Matriz de Jerarquización de Impactos "Microcuenca_río_Tabacay".....	37 -
Figura 10. Curvas De Nivel Provincia de Cañar.....	38 -
Figura 11. TIN Provincia de Cañar.....	39 -
Figura 12. MDE Provincia De Cañar. ....	40 -
Figura 13. Dirección De Flujo Provincia De Cañar. ....	41 -
Figura 14. Acumulación De Flujo y Red De Drenaje Provincia De Cañar.....	42 -
Figura 15. Microcuencas Provincia De Cañar. ....	43 -
Figura 16. Microcuenca Río Tabacay. ....	44 -
Figura 17. Orden De Microcuenca Del Río Tabacay.....	45 -
Figura 18. Actividades Antrópicas Microcuenca Río Tabacay.....	46 -
Figura 19. Centros Poblados y Vías De La Microcuenca Del Río Tabacay.....	47 -
Figura 20. Riesgo de Erosión Según La Pendiente Microcuenca Tabacay. ....	48 -
Figura 21. Riesgo De Pérdida De Suelo Según Su Profundidad Microcuenca Río Tabacay.... .....	49 -
Figura 22. Riesgo Potencial De Degradación Del Suelo Microcuenca Río Tabacay. ....	50 -
Figura 23. Contaminación Residencial Puntual Microcuenca Tabacay. ....	51 -
Figura 24. Contaminación Residencial Difusa Microcuenca Río Tabacay.....	52 -
Figura 25. Posibles Focos De Contaminación Difusa Microcuenca Tabacay. ....	53 -
Figura 26. Ortofoto y Bosque de Ribera Microcuenca Río Tabacay.....	54 -
Figura 27. NDVI año 2013 Microcuenca Río Tabacay. ....	55 -
Figura 28. NDVI Año 2016 Microcuenca Río Tabacay.....	56 -
Figura 29. Cambio De Uso De Suelo 2013 2016 Microcuenca Tabacay.....	57 -
Figura 30. Potreros y Cultivos de Forraje.....	59 -
Figura 31. Utilización de Gallinaza.....	59 -
Figura 32. Plantación de Pino y Eucalipto.....	60 -
Figura 33. Incidencia de la contaminación al recurso hídrico. ....	61 -
Figura 34. Ficha con datos del levantamiento de información in situ. 2017.....	71 -

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Distribución de las bandas Landsat 8.....	- 16 -
Tabla 2. Ficha de campo. ....	- 20 -
Tabla 3. Parámetros para la ponderación de impactos. ....	- 24 -
Tabla 4. Rangos para la jerarquización de impactos ambientales.....	- 25 -
Tabla 5. Riesgo de erosión según la pendiente. ....	- 26 -
Tabla 6. Riesgo de pérdida de suelo según la profundidad.....	- 27 -
Tabla 7. Riesgo potencial de degradación del suelo. ....	- 27 -
Tabla 8. Color y código del riesgo potencial de degradación del suelo. ....	- 28 -
Tabla 9. Parámetros hídricos y morfométricos de la microcuenca del río Tabacay. ....	- 29 -
Tabla 10. Tipos de contaminación según la actividad. ....	- 34 -
Tabla 11. Resultados Obtenidos Del Inventario. ....	- 58 -
Tabla 12. Actividades antrópicas. ....	- 62 -

## LISTA DE ANEXOS

Foto 1. Actividad ganadera en la parte alta de la microcuenca. 2017. ....	- 68 -
Foto 2. Ausencia del bosque de ribera en la red hídrica de la microcuenca. 2017.....	- 68 -
Foto 3. Grupo de salida de campo para reconocimiento de la zona de estudio. 2017.....	- 69 -
Foto 4. Contaminación puntual al recurso hídrico por la actividad ganadera. 2017.....	- 69 -
Foto 5. Contaminación puntual al recurso hídrico por la actividad agrícola. 2017. ....	- 70 -
Foto 6. Contaminación difusa al recurso suelo por la actividad ganadera. 2017. ....	- 70 -

## RESUMEN

El estudio se desarrolló en la microcuenca del río Tabacay, cantón Azogues en la Provincia de Cañar, donde el principal objetivo fue llevar a cabo un inventario de las actividades antrópicas que están generando contaminación puntual y difusa, es decir, impactos en el uso de suelo que afectan al recurso hídrico. El área de estudio fue de 66.85 km<sup>2</sup> que abarca el 100% de la zona; para esto se realizaron levantamientos de información in situ, que se verificó mediante el análisis de imágenes satelitales; realizadas en diferentes programas de los Sistemas de Información Geográfica. Se identificaron las actividades y puntos de contaminación a lo largo de la microcuenca, siendo la ganadería y agricultura las principales acciones que en la actualidad están cambiando drásticamente la cobertura vegetal y alterando las propiedades físicas del suelo, dando paso a una mayor contaminación del agua. Finalmente, se generó mapas temáticos con datos relevantes del lugar que permiten visualizar y comprender de mejor manera la realidad existente del lugar.

**PALABRAS CLAVES:** MICROCUENCA TABACAY, CONTAMINACIÓN PUNTUAL, CONTAMINACIÓN DIFUSA, ACTIVIDADES ANTRÓPICAS, IMÁGENES SATELITALES.

## ABSTRACT

The study was carried out in the Tabacay river micro-basin, Azogues city in the province of Cañar, where the main objective is to carry out an inventory of the anthropic activities that are generating punctual and diffuse pollution, that is to say, impacts on the use of soil that affect the hydric resource. The area of study was of 66.85 km<sup>2</sup> and covers 100% of the study zone; for this, in situ information surveys were carried out, which is verified through to the satellite image analysis; made in different programs of the Geographic Information Systems. The activities and points of contamination along the micro-watershed were identified, with livestock and agriculture being the main actions that are currently changing drastically the vegetation cover and altering the physical properties of the soil, allowing water pollution. Finally, thematic maps were generated with relevant data of the place that allows better visualization and understanding of the existing reality of the zone.

**KEY WORDS:** MICRO-BASIN TABACAY, PUNCTUAL POLLUTION, DIFFUSE POLLUTION, ANTHROPIC ACTIVITIES, SATELLITE IMAGES.

## CAPÍTULO 1

### 1. INTRODUCCIÓN

Toda actividad que se realice genera un impacto al medio en el que se desarrolla, estos son más notorios en lugares que no cuentan con un control adecuado de los mismos, así tenemos que la producción agrícola, ganadera e industrial en zonas altas afecta de manera directa (puntual) e indirecta (difusa) al recurso hídrico.

Las actividades antrópicas que se realizan en la microcuenca del río Tabacay en la actualidad no están debidamente registradas ni se conoce la influencia que están generando sobre el recurso hídrico. Realizar un inventario de estas actividades servirá como información cualitativa y cuantitativa de base, con la finalidad que sea utilizada como herramienta para planificar, diseñar y llevar a cabo políticas y estrategias que beneficien a la microcuenca.

Guiándonos en la metodología desarrollada por la FAO (2009), sobre el Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales – Manual para la recolección integrada de datos de campo, y, adaptándola a nuestras necesidades se recopiló información relevante de la microcuenca del río Tabacay con lo que se elaboró una ficha de campo para la toma de datos *in situ* que se utilizó para generar el inventario de actividades antrópicas.

Luego de obtener el inventario de actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca se procedió a determinar el tipo de contaminación (puntual o difusa) que están generando al recurso hídrico, esto mediante el análisis morfológico, hídrico y las características del entorno donde se desarrollan.

Utilizando las herramientas de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) se estableció y generó mapas temáticos de la microcuenca mismos que cuentan con información como: actividades antrópicas, recurso hídrico, tipo de suelo, pendientes, zonas pobladas y boscosas.

#### 1.1. Planteamiento del problema

El aumento de las actividades antrópicas en la microcuenca del río Tabacay afectan las fuentes hídricas razón por la cual los cauces principales están disminuyendo en su calidad y cantidad, a esto se suma la necesidad de contar con datos actualizados sobre los trabajos que se desarrollan y el área que utilizan, información que es vital para la toma de decisiones o planes de manejo del área de estudio.

## **1.2. Antecedentes**

El municipio del cantón Azogues, la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado EMAPAL, el Consejo de Programación de Obras de Emergencia COPOE, y la Universidad de Cuenca a través del Proyecto para el Manejo de Agua y Suelo (PROMAS) en el año 2003 con la finalidad de generar el plan de manejo integral de la microcuenca del río Tabacay realizaron los estudios pertinentes en el que pudieron determinar que el constante aumento de las actividades productivas está generando alteraciones en el medio, donde, el recurso hídrico es el principal afectado lo que crea preocupación a los habitantes de la ciudad de Azogues y sus comunidades debido a que no cuentan con otra fuente de agua dentro de la microcuenca para satisfacer sus necesidades.

Realizar un inventario de las actividades antrópicas y determinar el estado en que se encuentra la microcuenca del río Tabacay en cuanto a sus recursos naturales servirá para generar estrategias y planes de manejo que lleven a una gestión eficiente de la misma y actualizar la información obtenida en un inicio.

## **1.3. Objetivos**

### **General.**

Inventariar las actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay que generan contaminación puntual o difusa al recurso hídrico.

### **Específicos.**

Realizar el inventario de actividades antrópicas mediante toma de datos in situ.

Identificar las actividades antrópicas que generan contaminación puntual o difusa al recurso hídrico.

Determinar el área de las zonas que poseen actividades antrópicas y las que están sin intervención mediante el análisis de ortofotos e imágenes satelitales.

Generar mapas temáticos de la microcuenca del río Tabacay sobre:

- caracterización hídrica y morfológica de la microcuenca del río Tabacay.
- actividades antrópicas.
- posible contaminación del recurso hídrico.
- zonas boscosas.
- zonas pobladas.

#### **1.4. Justificación**

La investigación se realizó por la falta de información actualizada que detalle las actividades antrópicas, el tipo de presión y contaminación (puntual o difusa) que están ejerciendo al recurso hídrico de la microcuenca del río Tabacay.

El cantón Azogues y sus comunidades no cuentan con otras fuentes hídricas para abastecer sus necesidades básicas y productivas y el deterioro de su única fuente de agua causará a futuro grandes problemas económicos, políticos y sociales.

Determinar el estado actual de la microcuenca referente a las actividades antrópicas que en ella se realizan ayuda de manera significativa a sus habitantes y entidades de control para generar nuevos proyectos de investigación, toma de decisiones o buscar soluciones a los problemas que puedan suscitarse.

El estudio contó con la colaboración de profesionales capacitados para abordar este tema (catedráticos tutores de la Universidad Católica de Cuenca y funcionarios de EMAPAL EP.), y con información de experiencias anteriores que nos indicaron que se puede obtener datos confiables mediante salidas de campo, además tuvimos la facilidad de acceso dentro de toda la microcuenca porque cuenta con vías de acceso de segundo y tercer orden.



## CAPÍTULO 2

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Caracterización del inventario del recurso suelo

Los inventarios surgen desde tiempos inmemorables, nacen como una forma de hacer frente a los periodos de escasez evitando de esta manera inconvenientes a futuro además logran tener cuentas claras de la cantidad de bienes y alimentos que poseían almacenado. (Enrique, 2015).

Con el paso del tiempo esto fue evolucionando y ahora los inventarios están presentes en la mayoría de acciones que se realizan, son de vital importancia para definir y presentar sistemáticamente toda la información posible acerca de una actividad o zona de estudio, mismo que es agrupado según su naturaleza y función a más de que nos permiten saber cuáles son las consecuencias que estas actividades generan.

En cuanto al inventario del recurso suelo o también llamado levantamiento de suelos podemos encontrar diversas definiciones según distintos autores, teniendo así que según:

Avery, B.W (1987), en su libro Soil survey methods *“El propósito general de los levantamientos de suelos es proveer información acerca del suelo presente en cualquier unidad de tierra”*.

Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (USDA), (2004), en su manual de levantamiento de suelos manifiesta que *“Un levantamiento de suelos describe las características de los suelos en un área específica, clasifica los suelos de acuerdo a un sistema de clasificación estándar, plotea los límites de los suelos en un mapa y hace predicciones acerca del comportamiento de los suelos (...) la información colectada en el levantamiento ayuda en el desarrollo de planes de uso de la tierra, evalúa y predice el efecto de su uso en el medio ambiente.”*

Dent D y Young A., (1984), en su libro Soil survey and land evaluation expresan que “El propósito práctico de un levantamiento de suelos es hacer posible predicciones más numerosas, más exactas y más útiles para propósitos específicos que han podido haberse hecho (por ejemplo, en la ausencia de información de suelos con ubicación)”.

El inventario del recurso suelo es el proceso por el cual se determina la cobertura, tipo de suelo y actividades que se realizan en el mismo permitiéndonos generar información de la zona de estudio. (DAVID. G. ROSSITER, 2004).

Para realizar un inventario se debe ejecutar diferentes actividades y metodologías que se adapten a nuestro entorno, no están sujetos a un formato o modelo en especial, pueden tener diferentes partes que lo conformen todo depende de lo que se desea obtener y del tipo de levantamiento de información que se realice.

Según Dekers J, Spaargaren O & Dondeyne S (2002), en su libro *Soil Survey as a basis for Land Evaluation* manifiestan que los inventarios se los puede clasificar según el fin para el que son desarrollados teniendo así dos grupos:

Utilitario: el suelo es mapeado con más de un propósito que permita responder a preguntas sobre la tierra y su uso mas no como un objeto de estudio científico.

Científico: sirve para entender el suelo como cuerpo natural en el paisaje.

### **Recopilación de información.**

La recolección de información se debe realizar siguiendo un orden predeterminado por el investigador para obtener datos útiles y coherentes que ayude a cumplir con los objetivos de la investigación.

La búsqueda de la información se la realiza en base a los problemas que se tiene y que requieren una solución, para esto es necesario que el investigador y los colaboradores tengan un amplio conocimiento sobre la problemática, objetivos a cumplir y el entorno de estudio para evitar la posibilidad de caer en sesgos al momento de realizar la recopilación de datos.

Cuando se tiene claro las necesidades de información se debe realizar tres fases relacionadas entre sí: "*selección de instrumentos de medición o técnicas de recolección de información (fase1); aplicación de estos instrumentos (fase2); preparación o codificación de la información obtenida (fase3)*". (Tamayo, 2004).

Una vez elaborado los instrumentos de medición se debe realizar uno de los pasos más cruciales dentro de una investigación que es la prueba piloto con la finalidad de verificar que todo esté en orden o realizar ajustes en caso de ser necesarios.

En la búsqueda de información se encontrará con diferentes fuentes que son denominadas: primarias, secundarias y terciarias que son utilizadas según nuestra conveniencia.

Fuentes primarias: Información nueva recolectada u obtenida directamente por el investigador esta puede ser: "*libros, revistas científicas y de entretenimiento, periódicos, diarios, documentos oficiales de instituciones públicas, informes técnicos y de investigación de instituciones públicas o privadas, patentes, normas técnicas*". (González, 2007).

Fuentes secundarias: Información elaborada, organizada y desarrollada previamente por otro investigador con propósitos diferentes esta puede ser: "*enciclopedias, antologías, directorios, libros o artículos que interpretan otros trabajos o investigaciones*". (Segovia, 2013).

Fuentes terciarias: Son guías o referencias para el usuario, misma que contienen información sobre fuentes secundarias y primarias, estas facilitan el control de repertorios de referencias. (Cortés & León, 2004).

### **Fichas de campo.**

Según Abraham Gutiérrez (2010), en su libro, TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO “*Las fichas de campo recogen datos obtenidos mediante la observación o entrevista directa en el campo, contienen datos descriptivos que resultan de la investigación realizada en la zona de estudio*”. Se recolecta solo la información más significativa.

Las fichas de campo deben ser previamente elaboradas estableciendo sus partes luego de una revisión bibliográfica del lugar y los objetivos que se desean cumplir en la investigación.

Los campos obligatorios que debe tener una ficha son los siguientes: tema de investigación, nombre del investigador, institución, lugar, fecha y hora. El resto de campos depende del trabajo que se vaya a realizar.(Clara & Rodríguez, 2011).

### **Visita *in situ*.**

“*In situ* vocablo proveniente del latín que significa en el sitio”, su significado varía dependiendo de la rama de la ciencia en la que se emplee o del estudio que se esté realizando. (Real Academia Española , 2014).

En el área de la ingeniería ambiental en ocasiones se necesita realizar visitas de campo constantes a un lugar previamente definido, por lo que las visitas *in situ* son fundamentales para realizar cualquier tipo de investigación.

Según Branthomme, Aitrell, Kamelarczyk, & Saket (2009), al momento de realizar visitas *in situ* se debe considerar algunos puntos claves para evitar de esta manera posibles inconvenientes durante el trabajo de campo, entre estos tenemos.:

- Si el área de estudio está deshabitada el grupo de trabajo debe establecer contacto con la población más cercana al lugar, representantes del pueblo o entidades encargadas para solicitar permiso de acceso y explicar de forma breve y concisa sobre el trabajo que se pretende realizar.
- Se debe establecer mediante la ayuda de mapas o imágenes satelitales el área que se estudiará y explicar que lo único que se realizará en el campo es la toma de datos, mismos que serán de acceso público una vez concluida la investigación.
- En una reunión inicial con las personas afines a nuestra investigación se debe resolver temas logísticos como es el acceso a la zona de estudio, vías principales, medios de transporte, alimentación, alojamiento y la posibilidad de tener acceso a información secundaria del lugar.

## **2.2. Actividades antrópicas en zonas andinas ecuatorianas**

La región andina o más conocida como Sierra es una de las cuatro regiones naturales de Ecuador, esta zona atraviesa de norte a sur al país y está conformada por las provincias de Pichincha, Carchi, Tungurahua, Chimborazo, Cañar, Azuay, Loja, Imbabura, Bolívar y Cotopaxi. (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cañar, 2015).

En la Sierra debido a su geografía y variabilidad climática existen diversas actividades productivas que están conformadas por el área industrial, prestación de servicios, turismo, explotación de recursos minerales, ganadería, agricultura y artesanías.

La provincia de Cañar perteneciente a la zona administrativa 6 (zona 6, establecida por la Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo) sigue el mismo patrón de producción de la región, es una zona que presenta bajo contenido de materia orgánica a pesar de eso presenta una baja susceptibilidad a la erosión, la principal actividad productiva corresponde al sector terciario que es la prestación de servicios que corresponden a un 70%, el sector manufacturero un 13% y la agricultura, ganadería, caza y silvicultura representan un 16%. La industria no toma fuerza todavía en este sector teniendo solo a la empresa cementera Guapán como pionera. (Bonilla, 2016).

### **Tipos de actividades antrópicas.**

Roberto López Falcón (2014), en su libro DEGRADACIÓN DEL SUELO, las actividades antrópicas son todas aquellas acciones que se realizan para obtener un producto dentro de una zona delimitada las cuales pueden ser:

- prestación de servicios
- actividades extractivas
- área industrial
- construcción de infraestructuras
- turismo
- actividades artesanales
- ganadería
- agricultura
- piscicultura

## **Tipos de contaminación.**

### Contaminación puntual

Son fuentes de contaminación puntual todas las descargas de contaminantes que afectan a zonas localizadas, por lo general los sitios que más sufren las consecuencias son los cuerpos de agua superficial. Este tipo de afección es fácil de localizar, monitorear y tratar; es más intensa en el lugar de origen y conforme avanza en el cuerpo receptor disminuye su concentración. (González, 2007).

Las principales actividades que generan este tipo de contaminación son:

- Lixiviados de vertederos de residuos urbanos
- Lixiviados de vertederos industriales
- Pozos sépticos
- Rellenos sanitarios

### Contaminación difusa

Son aquellas donde los contaminantes llegan a determinado lugar de manera indirecta o dependen de otro medio, por lo general son descargados en grandes áreas de terreno lo que dificulta localizar un foco de origen. Esta situación genera graves problemas, con el paso del tiempo la contaminación alcanza zonas muy extensas afectando a todos los recursos con los que entre en contacto.

Este tipo de contaminación se agrava dependiendo del lugar en el que se dé, zonas con mayor pendiente y con suelos poco permeables son los más afectados. (E. Luis, 2007).

La contaminación difusa suele ser provocada por:

- Uso de fertilizantes y pesticidas en la agricultura
- Sobreexplotación de acuíferos
- Ganadería.

## **Tipo de contaminación (puntual o difusa) que generan las actividades antrópicas.**

Los contaminantes generados por las actividades antrópicas (urbana, industrial, agrícola) pueden ser físicos, químicos, inorgánicos y biológicos. Donde, dependiendo de su localización se establece si su afectación es puntual o difusa. (Luis P. Ortega, 2012).

### **2.3. Entorno biológico de las zonas andinas ecuatorianas**

El entorno biológico es todo lo que nos rodea y está compuesto por el medio biótico (flora y fauna) y abiótico (agua, aire, minerales de la tierra, luz y temperatura) que es capaz de influenciar en todo modo de vida, estas varían dependiendo del lugar en el que nos encontremos pues es así que las zonas andinas de Ecuador son distintas a las otras regiones (costa, amazonia y región insular).

#### **Flora.**

Ecuador es uno de los países considerados con mayor biodiversidad del mundo no solo por su número de especies por unidad de área, también es por la gran cantidad de ecosistemas que tiene en pequeñas zonas a lo largo de todo el país. Los paisajes cambian de un lugar a otro, esto se debe a las regiones naturales que dividen a Ecuador (Costa, Sierra, Oriente y Región Insular).

En la Sierra se puede observar bosques nublados; valles secos con cactus y molles; valles húmedos con una amplia gama de cultivos agrícolas y frutales; páramos secos y húmedos; montañas con nieve perpetua en sus cimas.

Existe una diferencia de ecosistemas entre la sierra norte, central y sierra sur donde su biodiversidad varía debido a la presencia de volcanes y la altura de sus montañas. (Bravo-Velásquez, 2014).

En la sierra central se puede encontrar las siguientes formaciones naturales a diferentes pisos altitudinales: matorral húmedo montano (1500 – 2900 m.s.n.m.); bosque siempre verde montano alto (2900 – 3300 m.s.n.m.); páramo herbáceo y arbustivo (> 3300 m.s.n.m. (Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cañar, 2015).

#### **Fauna.**

Al igual que la flora la fauna en la sierra varía mucho de un lugar a otro pues así podemos encontrar conejos de monte, ardillas, alpacas, llamas, vicuñas, zorros, lobos de paramo, osos de anteojos, ciervos, guanta de monte, cuy, curiquingue, gavián, pato silvestre, águila real, águila arpía, cóndor, tórtola, colibríes, gorriones petirrojos, picaflores, mono araña, venado, rana marsupial, etc. (Manual de Fauna del área del Multipropósito Baba., 2015).

## **2.4. Caracterización hidrológica de una microcuenca**

Una cuenca hidrológica es un sistema de una unidad morfológica integral donde las precipitaciones se unen para formar una red hídrica que abarca los cursos superficiales y la estructura hidrogeológica subterránea. Existen dos clasificaciones de cuencas las cuales dependen del sistema de salida que posee su red hídrica, teniendo así las cuencas endorreicas donde el punto de salida está dentro de los límites de la cuenca y generalmente es un lago y las exorreicas en la cual su punto de salida está en los límites de las cuencas por lo general sus aguas desembocan en un cauce mayor o en el mar. ( Esteban G et al., 2012).

Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca que a su vez termina en una Cuenca. Las microcuencas son unidades pequeñas donde se originan quebradas y riachuelos que drenan de las laderas y pendientes altas.

### **Delimitación.**

Para delimitar una cuenca o microcuenca se puede proceder de dos maneras: (a) manual, siguiendo simples reglas de trazados en una carta topográfica del lugar de estudio; (b) computarizada, lo más utilizado en la actualidad donde se debe tener un conocimiento básico sobre los SIG y el uso de sus múltiples herramientas, donde, como datos base se utiliza un Modelo Digital de Terreno (MDT) y las curvas de nivel. (Umaña Gómez, 2002).

### **Línea divisoria.**

La línea divisoria o parte aguas, es una línea imaginaria formada por las zonas topográficas más altas que separan las cuencas, subcuencas o microcuencas. (Hidrología-UJCV, 2011).

### **Área.**

El área de una microcuenca es la característica geomorfológica más importante para el diseño hídrico, *“está definida como la proyección horizontal de toda el área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural.”*. El área se obtiene en longitud al cuadrado, se puede calcular de manera digital utilizando software de SIG como ArcGis o de forma manual con ayuda de una carta topográfica mediante el método cuadrado, geométrico o de Simpson. (Aguilar Martínez, 2007).

### **Perímetro.**

EL perímetro de una microcuenca o longitud de la línea de divorcio de la hoya es un parámetro que nos indica algún indicio sobre la forma de la misma, este parámetro físico está representado por la letra mayúscula P y su unidad de medida es longitud. (Guerrero, 2002).

### **Forma.**

La forma es la manera en la que está conformada físicamente una microcuenca, su importancia es que define o tiene atribución en el tiempo que tarda en concentrar las precipitaciones a la salida de la misma, para calcular su forma se utilizan varios índices de medidas como: índice de Gravelius, factores de forma de Horton. El factor de forma es la correlación que hay entre el ancho medio de la microcuenca y la longitud axial.(Bateman- et al., 2009).

### **Pendiente.**

La pendiente es el ángulo formado entre un plano oblicuo y uno horizontal que llegaría a ser la relación entre la altura ascendida y la distancia recorrida para ascenderla, la unidad de medida son grados de inclinación. Su importancia dentro de un análisis hidrológico radica en que nos da un índice de la velocidad media de la escorrentía, su fuerza de arrastre y la erosión que puede tener una microcuenca. (Aguilar Martinez, 2007).

### **Elevación.**

La elevación es la altura que tiene una microcuenca con relación al nivel del mar, este parámetro tiene mayor importancia en microcuencas que tengan cadenas montañosas pues según su altura nos puede dar una idea de cómo es el clima en ese lugar.

Su valor se puede obtener mediante las curvas de nivel ya sea en una carta topográfica o de forma digital con la ayuda de un software de los SIG, su unidad de medida es longitud sobre el nivel del mar. (Ordóñez, 2011).

### **Red de drenaje.**

La red de drenaje de una microcuenca se refiere a la forma en la que se escurre el agua que llega durante una precipitación desde diferentes efluentes hasta terminar en un dren principal, es muy importante dentro de un estudio hídrico ya que representa la eficiencia del sistema de drenaje y arroja indicios sobre el tipo de suelo que tiene la misma. (Ordóñez, 2011).

Una microcuenca puede tener tres tipos de caudales dependiendo de su sistema de escurrimiento, estas pueden ser efímera, intermitente o perenne. (Ordóñez, 2011).

Según Strahler (1952), la red de drenaje se jerarquiza en cinco niveles. *“Drenes de primer orden, son aquellos que se forman por la simple concentración de aguas debido a la precipitación; drenes de segundo orden, son aquellos que se forman por confluencia de dos drenes de primer orden.”* Los diferentes niveles (tercero, cuarto y quinto) continúan siguiendo el mismo patrón del dren de segundo orden hasta llegar a desembocar en un cause principal dentro de una subcuenca o cuenca hidrográfica.



### **Tipos de suelo.**

El suelo representa un factor muy importante en el estudio hidrológico de una microcuenca pues de este dependen muchos factores como el escurrimiento, redres de drenaje, tipo de flora y fauna, tipos de uso, asentamientos humanos, etc.

Según Winckell, (1997) mediante los estudios edafológicos se pueden encontrar tres tipos de suelos: *“suelos aluviales formados sobre materiales sedimentarios jóvenes que pertenecen a dos medios distintos (fluvio marino y el fluvial); los desarrollados sobre cenizas volcánicas, que ocupan más del 30% del territorio nacional y los suelos formados a partir de la degradación de la roca madre considerados poco evolucionados.”*

### **2.5. Sistemas de Información Geográfica (SIG)**

Los SIG son una integración de hardware, software y datos geográficos diseñados de tal manera que permita manipular, almacenar y analizar la información geográficamente referenciada con el fin de resolver todo tipo de problema de gestión y planificación dentro de cualquier área de estudio que sea posible su aplicación. En la actualidad forman parte de un poderoso conjunto de herramienta dentro del área de las ingenierías. (J. Luis, Gárate, & Monzón, 2009).

#### **Historia de los SIG.**

Los SIG nacen con la necesidad de las personas por representar la superficie terrestre y los objetos que existen sobre ella en un plano que se pueda utilizar de una manera fácil y rápida, se podría decir que el cambio de la cartografía convencional a digital fue lo que más impulso el desarrollo de los mismos. (Sarria, 2006).

Así tenemos que, en el año de 1964 Roger Tomlinson, fue el pionero en desarrollar los SIG, pues se propuso realizar el análisis de la información del Canadá Land Inventory para realizar la gestión de varias zonas de Canadá, donde desarrollo la primera aplicación llamada Canadian Geographic Information System (CGIS) que a partir de mapas temáticos genero un modelo de procesamiento integrado de información. (López-Lara, Posada-Simeón, & Moreno-Navarro, 1990).

Desde entonces empezó el desarrollo de aplicaciones cada vez más completas que resolvían en aquel entonces procesos inimaginables hasta llegar a la actualidad donde gracias al avance tecnológico con los ordenadores y el desarrollo de software tenemos una amplia gama herramientas que nos facilitan el trabajo y la toma de decisiones en temas de ordenamiento territorial, manejo de desastres naturales, ambientales, caracterización hidrográfica, red vial, infraestructura pública, etc., puesto que los SIG utilizan la información mediante capas hace que su uso se amplía para muchas ramas de la investigación y trabajo.

Hablar de toda la historia de los SIG y sus definiciones en si engloba muchos puntos de vista desde las diferentes aplicaciones y objetivos que requieren la amplia gama de profesionales que lo utilizan puesto que es una herramienta multipropósito, pero podemos utilizar la definición propuesta por el National Center for Geographic Information and Analysis (NCGIA) de los Estados Unidos: *"Un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de resolver problemas de gestión y planificación"*.

### **Modelos SIG.**

El entorno geográfico debe ser representado por un formato de información que los ordenadores puedan reconocer y a su vez ser utilizados dentro de los SIG, estos formatos son los modelos de información que las herramientas de los SIG emplean para poder trabajar. Cada modelo funciona de una manera en especial, tiene su propio comportamiento, conjunto de datos, formatos y extensiones.

#### **Modelo Raster.**

El modelo raster divide el espacio geográfico en formas geométricas (predomina los cuadrados o rectángulos) de manera uniforme denominadas pixeles, es una representación en forma de malla donde cada elemento adopta un valor único como identificador de un objeto donde al ser unidas representan la realidad de un lugar estudiado (Figura 1).

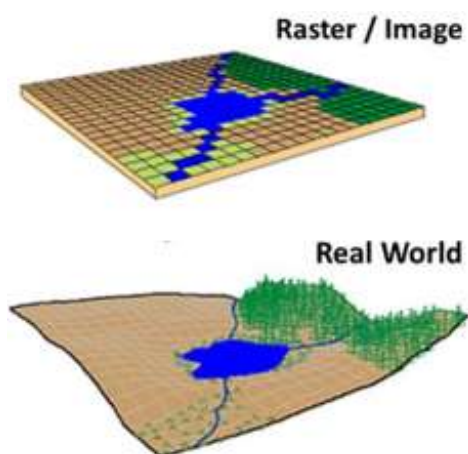


Figura 1. Modelo Raster.  
Fuente. Observatorio de Territorios Étnicos. 2014.

Lo que realmente hace un modelo raster es digitalizar el mundo real pasando la información existente a píxeles de tamaños que son de 10 y 100 m<sup>2</sup> o de 1 y 10 km<sup>2</sup> donde cada uno tiene un valor que los representa, los cuales pueden ser agrupados y utilizados según nuestras

necesidades. (López-Lara et al., 1990). Esto resulta muy útil para representar los diferentes cambios que se presentan en el territorio como:

- Variación física en la topografía
- Usos de suelo
- Emisiones y reflexiones de energía que son captados por los sensores de los satélites

La ventaja de este modelo de información es que tiene una estructura de datos simples, se posee la facilidad de combinar capas con datos de sensores remotos y sobre todo una facilidad de datos espaciales. (Observatorio de Territorios Étnicos, 2014).

### **Modelo Vectorial.**

El modelo del formato vectorial se basa en líneas, puntos y polígonos individuales que utilizan un sistema de georreferenciación para representar el espacio geográfico estudiado donde la información es guarda por capas (Figura 2). Esto es muy útil para representar información como:

- Líneas: se utilizan para representar vías, ríos, caminos, curvas de nivel, etc.
- Polígonos: se utilizan para representar parcelas de terrenos, zonas pobladas y áreas a convenir.
- Puntos: son más utilizadas para representar viviendas o lugares puntuales importantes.

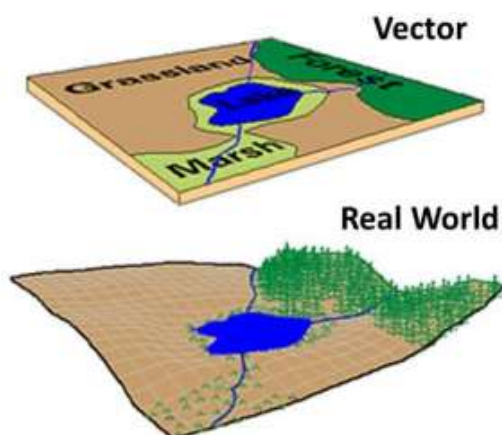


Figura 2. Modelo Vector.  
Fuente. Observatorio de Territorios Étnicos. 2014.

Las líneas, puntos y polígonos son las unidades que contienen información de manera más detallada que el formato raster, estas mantienen siempre el mismo tamaño del trazo ya que

este no contiene magnitud y al hacer zoom las líneas mantendrán el mismo grosor contrario a lo que ocurre en el formato raster que al hacer zoom esta aumenta de tamaño.

Las ventajas de utilizar los modelos vectoriales es que nos permiten una buena representación de la estructura de datos más compactos, la topología puede ser descrita mediante redes de uniones. (Observatorio de Territorios Étnicos, 2014).

### **Georreferenciación.**

La georreferenciación es el uso de coordenadas de mapas para ubicar un objetivo sobre la superficie terrestre, para esto se utiliza el Sistema de Posicionamiento Global (GPS) por sus siglas en ingles que fue desarrollado por el Departamento de Defensa de Estados Unidos para uso militar, pero esa situación con el paso del tiempo fue cambiando y su uso se amplió a diferentes ramas de la ciencia y el uso cotidiano. (esri, 2012).

Un GPS utiliza 24 satélites que se encuentran en orbitas muy elevadas de la tierra los cuales proporcionan el posicionamiento para cualquier lugar del mundo 24 horas al día otorgando una precisión del lugar con un margen de error de 50 y 100 metros.

Los GPS nos permiten saber la ubicación de un lugar, mientras que los SIG nos dicen el que, de ese lugar, por esto al combinar estas dos herramientas nos generan grandes beneficios dependiendo de cuales sean nuestras necesidades. (Olaya, 2014).

### **Ortofotos.**

Las ortofotos son fotografías áreas georreferenciados, corregidas geométricamente para evitar tener los errores que afectan a una fotografía aérea normal en las que se pasa de la representación cónica de la tierra a una perspectiva ortogonal, mismas que mantienen toda la información de las fotografías que fueron creadas lo que permite determinar la escala, distancias, superficies, usos de suelo, coberturas vegetales, etc.

Lo más importante de las ortofotos es que se pueden ajustar con mapas existentes de la zona en las que fueron creadas. (GRAFCAN, 2016).

### **Landsat.**

Landsat son satélites que inicialmente se llamaban ERTS (Earth Resources Technology Satellites), que fue la primera misión de los Estados Unidos de América para el monitoreo de recursos terrestres. Son ocho los satélites que conforman la constelación Landsat de los cuales solo están en funcionamiento dos, el cinco y el ocho, las imágenes que se obtienen con estos están a cargo de la NASA, la producción y comercialización de las imágenes depende del Servicio Geológico de los Estados Unidos. (Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM, 2013).

Cada satélite lleva a bordo diferentes instrumentos con el objetivo de captar toda la información posible sobre la superficie terrestre con la mejor precisión y detalle posible, las imágenes que se generan con estos satélites están compuestas por 8 bandas espectrales que al ser combinadas producen una gran variedad de imágenes de color que aumentan sus aplicaciones. Son de gran utilidad para realizar monitoreos de vegetación en especial para los recursos naturales y de cultivos. (Irons, 2013).

Cabe mencionar que el satélite que más destaca es el LNADSAT-8 que fue puesto en órbita en agosto de 2012 este cuenta con 11 bandas (Tabla 1) que pueden ser combinadas para un mayor aprovechamiento. (INEGI, 1999).

Tabla 1. Distribución de las bandas Landsat 8.

<b>Landsat 8 Operational</b>	<b>Bandas</b>	<b>Longitud de onda (micrómetros)</b>	<b>Resolución (metros)</b>
<b>Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)  February 11, 2013</b>	Banda 1 - Aerosol costero	0.43 - 0.45	30
	Banda 2 -Azul	0.45 - 0.51	30
	Banda 3 - Verde	0.53 - 0.59	30
	Banda 4 - Rojo	0.64 - 0.67	30
	Banda 5 - Infrarrojo cercano (NIR)	0.85 - 0.88	30
	Banda 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
	Banda 7 - SWIR 2	2.11 - 2. 29	30
	Banda 8 – Pancromático	0.50 - 0.68	15
	Banda 9 - Cirrus	1.36 - 1.38	30
	*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 1	10.60 - 11.19	100
*Banda 10 - Infrarrojo térmico (TIRS) 2	11.50 - 12.51	100	

Fuente. USGS. 2013.

### **Mapas temáticos.**

Los mapas temáticos son realizados para demostrar aspectos particulares de una determinada zona de estudio en el cual se debe tomar en cuenta conceptos espaciales como: densidad, porcentajes, áreas, latitudes, altura sobre el nivel del mar, etc., y el análisis de datos como como: temperaturas, precipitaciones, puntos de referencia, tipos de coberturas vegetales, etc.

Están diseñados especialmente para determinar o ilustrar algo en especial a diferencia de los mapas generales que sirven como una base de referencia para crear los mapas temáticos. (GRAFCAN, 2015).

Los mapas temáticos pueden abarcar una amplia gama de tipos (Por & García-Courel, 2015), cada uno dependerá de la necesidad que se tenga pues es así que se pueden generar los siguientes mapas:

- Mapas corocromáticos, muestran diferencias cualitativas usando diferencias de color.
- Mapas de coropletas, muestran diferencias en cantidades relativas con diferencias de intensidad o matiz.
- Mapas de símbolos proporcionales, muestran diferencias en las cantidades absolutas por medio de diferencias en el tamaño de los símbolos.
- Mapas de isolíneas, presentan las diferencias en valores absolutos o relativos en una superficie percibida como continua.
- Mapas de diagrama, utilizan diagramas, ya sea de puntos o superficies. Los gráficos circulares son un ejemplo.
- Mapas de flujos, muestran la ruta, la dirección (y el tamaño) de los movimientos de transporte.
- Mapas de puntos, representan la distribución de fenómenos discretos con símbolos puntuales, representando cada uno la misma cualidad.

## CAPITULO 3

### 3. METODOLOGÍAS PARA EL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Materiales y métodos

Las metodologías utilizadas para realizar el inventario de las actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay fueron seleccionados de diferentes autores y organismos mismos que han sido adaptados a nuestras necesidades conforme a los resultados que deseamos obtener.

El punto de partida fue la recopilación de datos existentes del lugar de estudio para esto utilizamos la metodología descrita por Mario Tamayo (2004), en el módulo de recolección de información del INSTITUTO COLOBIANO PARA EL FOMENTO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR (ICFES), posterior a la revisión bibliográfica se generó una ficha de campo guiándonos en la técnica desarrollada por la FAO (2007) sobre el Monitoreo y Evaluación de los Recursos Forestales Nacionales en su manual para la recolección integrada de datos de campo, considerando también los descritos por Abraham Gutiérrez (2010), en su libro de TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN Y METODOLOGÍA DEL ESTUDIO; ficha que se utilizó para realizar la toma de datos en las visitas *in situ*. Para realizar las visitas se consideró las recomendaciones dadas por Branthomme, A., Altrell, D., Kamelarczyk, K., & Saket, M (2004), en su manual para la recolección integrada de datos de campo mismos que se utilizaron para realizar el inventario de actividades antrópicas del lugar.

Luego se procedió a realizar la caracterización morfométrica de la microcuenca para esto se utilizaron los programas de los SIG en especial ArcGis 10.2, donde partiendo de las curvas de nivel se obtuvo la delimitación, línea divisoria, área, perímetro, forma, pendiente, elevación y red de drenaje.

Posterior a la recopilación de información, visitas *in situ* y la caracterización morfométrica de la microcuenca se generó el inventario de actividades antrópicas donde se consideró lo descrito por Avery, B.W en su libro Soil survey methods (2016), y el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (2015).

Después de haber obtenido el inventario de actividades antrópicas se procedió a estimar la relación que existen entre estas con la afectación puntual o difusa causada al recurso hídrico, para esto se consideró la clasificación descrita en los libros de Contaminación difusa de las aguas y Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente escritos por González, S (2007), y Luis-Fernández, G (2012).

Para la evaluación y valoración de impactos ambientales que ocasionan las actividades se utilizó la propuesta dada por Conesa Fernández Vítora en su libro Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental (2010).

Finalmente se procedió a elaborar los mapas temáticos de la microcuenca a partir de la información otorgada por SIGTIERRAS y la generada en la caracterización morfométrica de la misma, para esto nos basamos en la metodología establecida por la FAO (2007), en su manual de Estudio y planificación de cuencas de montaña.

El procedimiento para la obtención de datos siguiendo las metodologías descritas anteriormente se desarrollan a continuación:

### **Metodología para la caracterización geográfica y socioeconómica.**

La microcuenca del río Tabacay está situada al norte del cantón Azogues en la Zona 1-Tabacay, correspondiente al área rural de Guapán y Bayas cuenta con una superficie de 66.85 km<sup>2</sup> (Enrique et al., 2015) localizada en las coordenadas 737700 – 748230 Este y 9698000 – 9709300 Norte, su altitud va desde los 2520 hasta los 3760 m.s.n.m. sus principales fuentes hídricas son las quebradas Llaucay, Nudpud, Cóndor Yacu, Rosario, Mapayacu y Rubís.

Tabacay pertenece a la zona interandina o sierra ecuatorial donde sus principales actividades productivas son la ganadería, agricultura, artesanía, prestación de servicios y el área industrial, donde la prestación de servicios corresponde a un 70% de la actividad remuneradora seguido por un 16% en la actividad agrícola y ganadera y por último con el 13% la actividad manufacturera.

La producción agrícola y ganadera es el principal problema que tiene la microcuenca del río Tabacay estas se desarrollan a lo largo de toda la zona teniendo mayor incidencia en la parte alta donde se ha destruido la flora nativa para cultivar pastizales que son utilizados como potreros para ganado vacuno, también pequeñas zonas se han deforestado con la finalidad de realizar cultivos agrícolas.

La ganadería se realiza para la producción de leche y carne que se utiliza para el consumo personal, quesos artesanales o venderla.

La agricultura se desarrolla en la parte baja de la microcuenca donde los principales cultivos son de ciclo corto predominando el cultivo de maíz y papa, seguido por la cosecha de trigo, cebada, mellocos, ocas, arveja, habas, pero en menor cantidad y para consumo familiar.

Según representantes del municipio de Azogues manifiestan que su principal problema es el recurso hídrico pues temen que se afecte la única fuente de agua que tienen en la microcuenca del río Tabacay por lo que están ejecutando planes de manejo de reforestación y preservación de las zonas boscosas que aún existen en conjunto con los habitantes de la zona.



## Metodología para la generación de fichas de campo.

La ficha de campo (Tabla 2) fue diseñada con la finalidad de obtener la mayor cantidad de información relevante de la microcuenca del río Tabacay, priorizando en las actividades antrópicas y su contaminación.

Tabla 2. Ficha de campo.

### DATOS GENERALES

<b>LUGAR y FECHA</b>			<b>SUPERVISOR</b>		
<b>COORDENADAS</b>	<b>X:</b>	<b>Y:</b>	<b>RESPONSABLE</b>		
<b>ALTURA(msnm)</b>					
<b>MICROCUEENCA</b>	Alta (> 3000 m) <input type="checkbox"/>	Media (entre 2000 m y 3000 m) <input type="checkbox"/>	Baja (<2000 m) <input type="checkbox"/>	<b>N° FICHA</b>	

### DATOS DE LA ZONA

<b>ACTIVIDAD PRODUCTIVA</b>		<b>TIPO DE CONTAMINANTE</b>		<b>INCIDENCIA</b>	Alta <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>
<b>PROXIMIDAD A INFRAESTRUCTURAS</b>	Carreteras <input type="checkbox"/> Vivienda/as <input type="checkbox"/> Infraestructuras públicas <input type="checkbox"/>	<b>OCUPACIÓN DEL SUELO</b>	Agrícola <input type="checkbox"/> Ganadero <input type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Residencial <input type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	<b>CUERPO DE AGUA AL QUE AFECTA</b>	Río/arroyo <input type="checkbox"/> Fuente <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Presa /embalse <input type="checkbox"/>
<b>DEGRADACIÓN/ EROSIÓN DE LA TIERRA</b>	No está visiblemente degradada <input type="checkbox"/> o erosionada <input type="checkbox"/>	Ligeramente degradada <input type="checkbox"/> Moderadamente degradada <input type="checkbox"/>	Gravemente degradada <input type="checkbox"/>	<b>PRESIÓN SOBRE EL AGUA</b>	Ninguna <input type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>
<b>FLORA PREDOMINANTE</b>			<b>FAUNA PREDOMINANTE</b>		

### OBSERVACIONES

--

Elaboración. Propia. 2017.  
Fuente. FAO.

En la ficha campo se puede obtener información como el nombre del lugar, su ubicación geográfica y datos de la zona de estudio, al igual que sus principales actividades productivas, el tipo de contaminación que estas ejercen sobre el recurso suelo e hídrico, la proximidad de infraestructuras públicas, flora y fauna predominante; datos que nos ayudan a entender el panorama que existe en nuestra zona de estudio.

### **Metodología para las visitas *in situ*.**

La primera visita que se realizó fue con los representantes de la empresa EMAPAL para qué en conjunto con los tutores de este proyecto de investigación realizar el reconocimiento de la zona de estudio. (Figura 3).



*Figura 3. Reconocimiento de la microcuenca del río Tabacay.  
Fuente. Propia. 2017.*

Luego se llevó a cabo una segunda salida de campo con nuestros tutores donde realizamos una prueba piloto de las fichas de campo (Figura 4), previamente elaboradas para verificar si es necesario generar cambios, también se realizó el primer levantamiento de información in situ.



*Figura 4. Prueba piloto de las fichas de campo y recolección de datos in situ.  
Fuente. Propia. 2017.*

Posterior a eso se realizaron cinco salidas de campo con las cuales se cubrió toda la zona de estudio y se obtuvo datos representativos de la microcuenca (Figura 5), se levantó información como: nombre del lugar, ubicación geográfica, principales actividades productivas, tipo de contaminación, incidencia de la contaminación con el recurso hídrico, infraestructura pública, flora y fauna predominante del lugar.



*Figura 5. Microcuenca del río Tabacay.  
Fuente. Propia. 2017.*

### **Metodologías para la caracterización hidrológica de la microcuenca.**

La caracterización hidrológica de la microcuenca del río Tabacay se realizó mediante los diferentes programas de los SIG (ArcGis 10.2, Global Mapper 16, Google Earth Pro 7.1.1.1888).

Como punto de partida se procedió a obtener las curvas de nivel de la zona de estudio, para esto utilizamos Global Mapper 16 donde las generamos con un espacio entre cada una de 20 m.

Para continuar con la caracterización hidrológica se usó ArcGis 10.2, se analizó las curvas de nivel donde luego a partir de estas se generó una superficie de red irregular de triángulos (TIN) la que nos permite obtener las elevaciones del terreno con la cual se generó el modelo digital de elevación (MDE).

Después se procedió a obtener la dirección y acumulación del flujo al igual que los puntos de drenaje de los mismos. Una vez obtenidos los datos necesarios se delimitó la microcuenca de interés.

Con la información generada y las herramientas de los SIG se calcularon todos los parámetros morfométricos de la microcuenca del río Tabacay.

### **Metodología para el inventario de actividades antrópicas.**

Para realizar el inventario de las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca del río Tabacay se elaboró una ficha de campo (Tabla 2) siguiendo la metodología establecida por la FAO (2009), en su “Manual para la recolección integrada de datos de campo” adaptándola a nuestras necesidades con la cual se obtuvo de manera general los diferentes usos de suelo, su ubicación geográfica, flora y fauna predominante del lugar, tipo de contaminación que generan al recurso hídrico y observaciones puntuales de cada caso.

### **Metodología para la evaluación y valoración de impactos ambientales que ocasionan las actividades antrópicas.**

Para la identificación y evaluación de los impactos ambientales se utilizó una matriz de doble entrada propuesta por Conesa Fernández Vítora (2010), en su libro Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental en la cual se relacionaron los componentes y subcomponentes ambientales con las actividades antrópicas de la microcuenca que generen algún tipo de impacto. Una vez identificados los impactos, éstos fueron valorados para poder determinar la prioridad y significancia de los mismos según los parámetros para la ponderación de impactos. (Tabla 3).

Los impactos ambientales tanto positivos como negativos se evaluaron y valoraron para cada fase de la investigación, se determinaron las actividades o acciones que generan alteraciones sobre los diferentes elementos: ambientales, socio-económicos y culturales, lo que permitió evaluar la calidad del impacto (directo – indirecto, positivo– negativo, potencial a futuro), el momento, duración, localización, y área de influencia junto con sus magnitudes.

Se realizaron matrices de doble entrada que permitieron representar por una parte las acciones de las actividades antrópicas que causan impacto y por otra los factores ambientales relevantes receptores de los efectos, los cuales se encuentran clasificados en forma de árbol.

La matriz se llenó en función de las interacciones que tuvieron los campos de entrada, de esta manera es posible identificar los impactos generados, ya sean positivos o negativos.

Tabla 3. Parámetros para la ponderación de impactos.

NATURALEZA		INTENSIDAD (I)	
Impacto beneficioso	+	Baja	1
Impacto perjudicial	-	Media	2
		Alta	4
		Muy alta	8
		Total	12
<b>EXTENSIÓN (EX)</b> (Área de influencia)		<b>MOMENTO (MO)</b>	
Puntual	1	Largo plazo	1
Parcial	2	Mediano plazo	2
Extenso	4	Inmediato	4
Total	8	Crítico	(+4)
Crítico	(+4)		
<b>PERSISTENCIA (PE)</b> (Permanencia del efecto)		<b>REVERSIBILIDAD (RV)</b>	
Fugaz	1	Corto plazo	1
Temporal	2	Mediano plazo	2
Permanente	4	Irreversible	4
<b>SINERGIA (SI)</b> (Regularidad de la manifestación)		<b>ACUMULACIÓN (AC)</b> (Incremento progresivo)	
Sin sinergismo (simple)	1	Simple	1
Sinérgico	2	Acumulativo	4
Muy sinérgico	4		
<b>EFEECTO (EF)</b> (Relación causa-efecto)		<b>PERIODICIDAD (PR)</b> Regularidad de la manifestación	
Indirecto (secundario)	1	Irregular o periódico y discontinuo	1
Directo	4	Periódico	2
		Continuo	4
<b>RECUPERABILIDAD (MC)</b> (Reconstrucción por medio humanos)		<b>IMPORTANCIA (I)</b> $I = \pm (3I+2EX+MO+PE+RV+SI+AC+EF+PR+MC)$	
Recuperable de manera inmediata	1		
Recuperable a medio plazo	2		
Mitigable	4		
Irrecuperable	8		

Fuente. Vc Fernández-Vítora. 2010.

Luego se procedió a obtener la denominada matriz de importancia, la cual nos permitió de acuerdo con Conesa Fernández Vítora, medir el nivel del impacto “en función, tanto del grado de incidencia o intensidad de la alteración producida, como de la caracterización del efecto, que responde a su vez a una serie de atributos de tipo cualitativo tales como extensión, tipo de efecto plazo de manifestación, persistencia, reversibilidad, recuperabilidad, sinergia, acumulación y periodicidad”.

La matriz de importancia muestra la valoración total de las afectaciones negativas o positivas, mediante rangos de jerarquización de impactos ambientales (Tabla 4) según sea su incidencia en cada componente ambiental, socio – económico y cultural.

*Tabla 4. Rangos para la jerarquización de impactos ambientales.*

Valor	Rango	Color
≥1 a <25	Compatible	Verde
≥25 a <50	Moderado	Amarillo
≥50 a <75	Severo	Morado
≥75 a ≤100	Critico	Rojo
<b>Impacto positivo</b>		<b>Naranja</b>

*Fuente.* Vc Fernandez-Vítora. (2010).

Los valores  $\geq 1$  y  $< 25$  tienen un rango compatible y están representados por el color verde porque son impactos que pueden estar en conjunto con el ecosistema sin causar mayor daño;  $\geq 25$  y  $< 50$  tienen un rango moderado y están representados por el color amarillo, estos pueden estar en conjunto con el ecosistema pero requieren de un manejo más tecnificado para evitar al máximo su contaminación; valores  $\geq 50$  y  $< 75$  tienen un rango severo y están representados por el color morado, estos no pueden estar en conjunto con el ecosistema del lugar puesto que ponen en riesgo su equilibrio natural y su afectación es alta;  $\geq 75$  y  $\leq 100$  tienen un rango crítico y están representados por el color rojo, estas actividades no pueden estar en conjunto con el ecosistema del lugar y es necesario tomar acciones correctivas inmediatas para evitar mayores desastres con el paso del tiempo; los valores positivos están representados por el color naranja y son todos aquellos que generan un bienestar a la sociedad o aportan algo para mejorar la realidad de la zona donde se realizan.

### **Metodología para el análisis de imágenes satelitales (Ortofotos, Landsat).**

Para realizar este análisis primero se buscó diferentes fuentes de información obteniendo así del Sistema Nacional de Información y Gestión de Tierras Rurales e Infraestructura Tecnológica, SIGTIERRAS (2015), el mosaico de ortofotos de la microcuenca del río Tabacay con una escala 1:50.000 con pixeles de 3 x 3 m con el cual analizamos el uso de suelo actual, a más de las ortofotos también se descargó las imágenes generadas por el satélite Landsat 8 cuyas características (ver Tabla 1) nos permitió calcular el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) que nos genera información en formato raster donde cada pixel cuenta con un valor que va desde -1 a +1.

Los cálculos por píxel arrojan datos numéricos que van desde -1 a +1 mismos que dependen del tipo de cobertura que existe en ese lugar, sin embargo, no existen hojas que den valores cercanos a 0 (0.2 a 0.45) este dato corresponde a zonas con escasa vegetación, praderas, tundra, desierto o vegetación bajo algún tipo de estrés. Los valores más cercanos

a 1 (> 0.5) indican una vegetación densa y en buenas condiciones de desarrollo, mientras que los valores negativos se pueden dar por la presencia de nubes, nieve, agua, suelo sin cobertura vegetal o rocas. (Juan Maita, 2015).

### **Metodología para la elaboración de mapas temáticos.**

Los mapas se generaron a partir de la información levantada en el campo, descargada desde la página oficial de SIGTIERRAS (2016), imágenes satelitales (Landsat 8) de la región de estudio y la obtenida en la caracterización hidrológica y morfológica de la microcuenca del río Tabacay. Esta información fue analizada siguiendo metodologías de diferentes autores y organismos como es de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2007) en su manual de estudio y planificación de cuencas de montaña donde establece el riesgo de erosión según la pendiente y la profundidad del suelo. Estos cuentan con datos básicos y de vital importancia para el manejo integral de una microcuenca.

Como primer punto se procedió a generar las pendientes y calcular el riesgo de erosión de la microcuenca siguiendo lo establecido por la FAO (2007), en su manual de Estudio y planificación de cuencas de montañas. (Tabla 5).

*Tabla 5. Riesgo de erosión según la pendiente.*

PENDIENTE		TIPO	RIESGO DE EROSIÓN
GRADOS (°)	PORCENTAJE (%)		
<7	<12	PLANA A SUAVE	MUY BAJO
7-15	12-27	MODERADA	BAJO
15-20	27-36	FUERTE	MEDIO
20-25	36-47	MUY FUERTE	MEDIO ALTO
25-30	47-58	ACUSADA	ALTO
>30	58	MUY ACUSADA	MUY ALTO

*Fuente. FAO. 2007.*

Se encontró que las pendientes con una inclinación menor a 7° son de tipo plana o suave las cuales tienen un riesgo de erosión muy bajo; pendientes de 7 a 15° son de tipo moderado con un riesgo de erosión bajo; pendientes de 15 a 20° son de tipo fuerte, su riesgo de erosión es medio; pendientes de 20 a 25° son de tipo muy fuerte, su riesgo de erosión es medio alto; pendientes de 25 a 30° son de tipo acusada, su riesgo de erosión es alto; pendientes >30° son de tipo muy acusada y su riesgo de erosión es muy alto.

Luego se procedió a realizar la clasificación de riesgo de pérdida de suelo según la profundidad (Tabla 6) misma que se refiere a la profundidad efectiva en donde las raíces de las plantas existentes en el lugar pueden penetrar sin dificultad. Para realizar esta clasificación se utilizó la información obtenida de SIGTIERRAS (2016), sobre el uso de suelo de la microcuenca.

Tabla 6. Riesgo de pérdida de suelo según la profundidad.

PROFUNDIDAD	TIPO	RIESGO DE PERDIDA DE SUELO
<20 cm	MUY SOMEROS	MUY ALTO
20-50 cm	SOMEROS	MEDIO ALTO
50-90 cm	MODERADAMENTE PROFUNDOS	MEDIO
>90 cm	PROFUNDOS	BAJO

Fuente. FAO. 2007.

Se realizó cuatro clasificaciones de suelo según su profundidad, teniendo que los menores a 20 cm son muy someros debido a que es un suelo deforestado y su riesgo de pérdida es muy alto; los de 20 a 50 cm son someros pues la cobertura vegetal no ha sido cambiada en su totalidad, su pérdida es medio alta; los de 50 a 90 cm son moderadamente profundos, la vegetación del lugar es buena y su pérdida es media; los mayores a 90 cm son suelos profundos, estos no han sido intervenidos por el hombre, cuenta con vegetación propia del lugar en buenas condiciones y su riesgo de pérdida es bajo.

Una vez generados los datos anteriores se realizó la clasificación del riesgo potencial de degradación del suelo (Tabla 7), con el objetivo de conocer las zonas dentro de la microcuenca que representan mayores amenazas en cuanto a su conservación y actividades que se realizan.

Tabla 7. Riesgo potencial de degradación del suelo.

PROFUNDIDAD	PENDIENTE		Suave	Moderada	Fuerte	Muy Fuerte	Acusada	Muy Acusada
	RIESGO DE EROSIÓN	RIESGO DE PERDIDA DE SUELO	Muy bajo	Bajo	Medio	Medio alto	Alto	Muy alto
Profundo	Bajo	MB	B	PB	M	A	MA	
Moderadamente profundo	Medio	MB	B	PB	M	A	MA	
Somero	Alto	MB	B	PB	PA	MA	MA	
Muy somero	Muy alto	PA	PA	PA	PA	MA	MA	

Fuente. FAO. 2007.








Para esto se siguió en la metodología establecida por la FAO (2007), en su manual de Estudio y planificación de cuencas de montañas donde se consideró la pendiente y la profundidad del suelo que existe en la microcuenca para determinar el riesgo potencial de degradación del suelo, teniendo de esta manera que la pendiente suave con suelos profundos,



moderadamente profundos y someros tienen un riesgo muy bajo; la pendiente moderada con suelos profundos, moderadamente profundos y someros tienen un riesgo bajo; la pendiente fuerte con suelos profundos y moderadamente profundos tienen un riesgo de erosión poco bajo; la pendiente muy fuerte con suelos profundos y moderadamente profundos tienen un riesgo de erosión medio; la pendiente acusada con suelos profundos y moderadamente profundos tienen un riesgo de erosión alto; la pendiente muy acusada con suelos profundos, moderadamente profundos, someros y muy someros tienen un riesgo muy alto; la pendiente acusa con suelos someros y muy someros tienen un riesgo de erosión muy alta; las pendientes suaves, moderadas, fuertes y muy fuertes con suelos someros y muy someros tienen un riesgo poco alto.

El riesgo potencial de degradación del suelo es representado mediante un color en específico que cuenta con su respectivo código. (Tabla 8).

*Tabla 8. Color y código del riesgo potencial de degradación del suelo.*

RIESGO	CÓDIGO	COLOR
MUY BAJO	MB	
BAJO	B	
POCO BAJO	PB	
MEDIO	M	
POCO ALTO	PA	
ALTO	A	
MUY ALTO	MA	

*Fuente. FAO. 2007.*

El color verde representa un riesgo potencial de degradación muy bajo, el celeste un riesgo bajo, el azul un riesgo poco bajo, el amarillo un riesgo medio, el café un riesgo poco alto, el rosado un riesgo alto y el rojo un riesgo muy alto.

## CAPITULO 4

### 4. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 4.1. Resultados

Los resultados que a continuación se presentan se obtuvieron luego de cumplir con las metodologías descritas en el capítulo 3 de esta investigación.

#### Resultados de la caracterización morfométrica de la microcuenca.

Se generó la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Tabacay utilizando el programa ArcGis 10.2, donde se obtuvieron datos de la superficie, coordenadas geográficas, altitud, pendientes, red hídrica y factor de forma. (Tabla 9).

Tabla 9. Parámetros hídricos y morfométricos de la microcuenca del río Tabacay.

DESCRIPCIÓN	UND	VALOR
<b>De la superficie</b>		
Área	km <sup>2</sup>	66.85
Perímetro de la cuenca	km	44.58
<b>Cotas</b>		
Cota máxima	m.s.n.m.	3760
Cota mínima	m.s.n.m.	2520
<b>Centroide (WGS 1984 UTM Zone 17S)</b>		
X centroide	m	742528.1801
Y centroide	m	9703515.1804
Z centroide	msnm	3188.2642
<b>Altitud</b>		
Altitud media	msnm	3188.2642
Altitud más frecuente	msnm	3088.33
Altitud de frecuencia media (1/2)	msnm	3154.08
<b>Pendiente</b>		
Pendiente promedio de la cuenca	%	24.41
<b>De la Red Hídrica</b>		
Longitud del curso principal	km	15.21
Orden de la Red Hídrica	UND	4
Longitud de la red hídrica	km	63.27
Pendiente Promedio de la Red Hídrica	%	1.46
<b>Forma</b>		
Coeficiente de Compacidad (Kc)		1.53
Coeficiente de Forma (Kf)		0.28
<b>Parámetros Generados</b>		
Tiempo de concentración	horas	1.42
Pendiente del cauce principal	m/km	81.53

Elaboración. Propia. 2017.

En los datos de la superficie se encontró que el área de la microcuenca es de 66.85 km<sup>2</sup>, la cota máxima es de 3760 y la mínima de 2520 m.s.n.m.; cuenta con una pendiente promedio de inclinación del suelo de 24.41 %; posee un cuarto orden de red hídrica y la longitud de su cauce principal es de 15.21 km.

#### **Resultados del inventario de actividades antrópicas.**

A continuación, se detalla el inventario de las actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay (Figura 6), mismo que fue desarrollado con información obtenida en las diferentes salidas de campo.

Inventario de actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay																
Lugar	Zona			Actividades antrópicas						Contaminación al recurso hídrico		Flora predominante	Fauna predominante	Coordenadas UTM		Observaciones
	Alta (mayor a 3000 msnm)	Media (entre 2500 y 3000 msnm)	Baja (entre 2000 y 2500 msnm)	Agrícola	Ganadera	Silvicultura	Industrial	Residencial	Puntual	Difusa	X			Y		
Cerro Abuga	x			x	x			x				Remanentes de bosque nativo, cultivos agrícolas de ciclo corto y potreros.	Ganado bovino	741434	9698952	Zona turística, se ve afectada por la generación de residuos sólidos.
Capilla Abuga		x		x	x	x		x				Cultivos agrícolas de ciclo corto y arboles	Ganado bovino	740748	9698766	La zona esta dentro del casco urbano, no cuenta con vegetación nativa.
Ushupucún (cerca de la capilla abuga)		x		x	x	x		x				Cultivos agrícolas, plantación de	Ganado bovino	740430	9698720	Zona perteneciente al caso urbano.
Ushupucún (cerca de EMAUS)		x		x	x	x		x		x		Cultivos agrícolas de ciclo corto y arboles de eucalipto.	Ganado bovino	740156	9698859	Zona perteneciente al caso urbano, existe una mala gestión de los residuos sólidos.
Wuindilig		x		x	x			x		x		Cultivos agrícolas de ciclo corto.		739739	9698974	Viviendas sin sistema de alcantarillado.
Cementería Guapán		x		x		x	x	x	x	x		Eucalipto y cultivos agrícolas.		739154	9698688	Cementería Guapán genera contaminación por material particulado, acústico y descargas de sus aguas al recurso hídrico.
Builchacapamba		x		x				x				Cultivo agrícola (maíz).		738703	9699288	Viviendas sin sistema de alcantarillado.
Buil Patendel		x		x	x			x	x	x		Cultivo de forraje.	Ganado bovino	738171	9700519	Viviendas sin sistema de alcantarillado, zonas agrícolas y ganaderas junto a los márgenes del río.
Zhindilig	x			x	x	x		x	x	x		Cultivo de forraje para ganado y bosques de eucalipto.	Ganado bovino	738791	9701406	Viviendas sin sistema de alcantarillado, zonas de potrero junto al margen del río.
Guapán Quinuas		x		x	x	x		x	x	x		Cultivo de forraje para ganado y bosques de eucalipto.	Ganado bovino	739350	9700925	Viviendas sin sistema de alcantarillado, zonas agrícolas y ganaderas a los márgenes del río.
Guapán		x		x	x			x	x	x		Remanentes de bosque nativo, cultivos agrícolas de ciclo corto y potreros.	Ganado bovino	739926	9700901	Viviendas sin sistema de alcantarillado, zonas de potreros junto a los márgenes del río.
Quebrada Gasual	x			x	x				x	x		Remanentes de bosque nativo, cultivos agrícolas de ciclo corto y potreros.	Ganado bovino	741306	9701329	Gran deforestación de la zona alta para realizar potreros los cuales se encuentran junto al río.
Sector Ingenio		x		x	x				x	x		Remanentes de bosque nativo, potreros.	Ganado bovino	741670	9703178	La zona alta está en su mayoría deforestada, es utilizada para potreros y cultivos agrícolas los cuales se encuentran cerca de los márgenes del río.
Entre San Antonio y Virgen Pamba		x		x	x	x			x	x		Remanentes de bosque nativo, plantaciones de eucalipto y potreros.	Ganado bovino	740290	9702960	La zona está en su mayoría deforestada la misma es utilizada para potreros y cultivos agrícolas de los cuales algunos se encuentran cerca del margen del río.
Pallcayacu (quebrada, parte alta)	x			x	x	x			x	x		Remanentes de bosque nativo, plantación de eucalipto y cultivo de forraje.	Ganado bovino	739476	9704569	Alta deforestación, espacio utilizado principalmente para potreros y en una cantidad mínima para la agricultura estos se encuentran a los márgenes del río.

Figura 6. Inventario de actividades antrópicas.

Continúa página siguiente

Inventario de actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay															
Lugar	Zona			Actividades antrópicas					Contaminación al recurso hídrico		Flora predominante	Fauna predominante	Coordenadas UTM		Observaciones
	Alta (mayor a 3000 msnm)	Media (entre 2500 y 3000 msnm)	Baja (entre 2000 y 2500 msnm)	Agrícola	Ganadera	Silvicultura	Industrial	Residencial	Puntual	Difusa			X	Y	
Parte alta quebrada Condoryacu	x			x	x	x					x	Ganado bovino	739780	9708392	Deforestación de bosque nativo para ser reemplazado por poteros con cultivo de forraje. Agricultura casi nula.
Parte alta quebrada Cuilchiyacu	x			x	x					x	x	Ganado bovino	741687	9705855	Deforestación del bosque nativo, poteros junto a los márgenes de la quebrada. Cultivos agrícolas casi nulos.
Parte alta quebrada Rosario	x				x					x	x	Ganado bovino	741898	9706815	Deforestación del bosque nativo, poteros junto a los márgenes de la quebrada.
Rosario	x				x						x	Ganado bovino	742949	9706571	Deforestación del bosque nativo, poteros junto a los márgenes de la quebrada.
Parte alta de la quebrada Cuyhuayacu	x			x	x					x	x	Ganado bovino	743929	9706459	Alta deforestación de los bosques de nativos mismos que han sido reemplazados por poteros con forraje el cual en algunas partes es de mala calidad.
Molobag Chico	x			x	x					x	x	Ganado bovino	743163	9705000	Mayor parte del bosque deforestado, poteros con cultivo de forraje y pequeñas áreas agrícolas de las cuales algunas se encuentran junto a los márgenes de la quebrada.
Nudpud	x			x	x					x	x	Ganado bovino	745079	9705332	Alta deforestación de los bosques de nativos mismos que han sido reemplazados por poteros con forraje y en espacios pequeños para cultivo agrícola. Algunos se encuentran junto a los márgenes de las quebradas.
Quebrada Llaucay (parte media)	x			x	x					x	x	Ganado bovino	744539	9703511	Zona deforestada en su mayoría, área utilizada por porteros con cultivos de forraje y pequeñas áreas destinadas al cultivo agrícola los cuales se encuentran junto al margen de la quebrada.
Tabacay		x		x	x					x	x	Ganado bovino	741090	9703030	Bosque nativo deforestado, reemplazado por poteros y cultivos agrícolas estos se encuentran junto a los márgenes de las quebradas.
Llaucay (entrada a la fábrica de quesos de chonta)	x				x		x				x	Ganado bovino y ovino	743389	9701162	Pocos remanentes de bosque nativo, poteros con cultivo de forraje.
Unión de la vía principal (matrama rivera) con la vía secundaria	x				x						x	Ganado bovino para producción de leche	745549	9701123	Escasos remanentes de bosque nativo, poteros con cultivo de forraje.
San Andres de Taday	x				x	x				x	x	Ganado bovino para producción de leche	747382	9704007	Escasos remanentes de bosque nativo, poteros con cultivo de forraje, los poteros se extienden hasta el margen de la quebrada.

Figura 6. Inventario de actividades antrópicas.

Continúa página siguiente.

Inventario de actividades antrópicas de la microcuenca del río Tabacay																
Lugar	Zona			Actividades antrópicas					Contaminación al recurso hídrico		Flora predominante	Fauna predominante	Coordenadas UTM		Observaciones	
	Alta (mayora 3000 msnm)	Media (entre 2500 y 3000 msnm)	Baja (entre 2000 y 2500 msnm)	Agrícola	Ganadera	Silvicultura	Industrial	Residencial	Puntual	Difusa			X	Y		
Mapayacu		x		x	x	x				x	x	Eucalipto y cultivos de forraje.	Ganado bovino	741563	9703801	Bosque nativo deforestado, reemplazado por potreros y cultivos agrícolas mismos se encuentran junto a los márgenes de las quebradas.
Captación Condoryacu		x			x	x				x	x	Remanentes de bosque nativo, plantaciones de eucalipto y pino.	Ganado bovino	741636	9704715	Bosque nativo casi nulo, potreros con cultivos de forraje mismo que se extienden hasta los márgenes de las quebradas.
Captación Rosario	x				x	x				x	x	Remanentes de bosque nativo, plantaciones de eucalipto y pino.		742388	9705544	Bosque nativo casi nulo, potreros con cultivos de forraje mismo que se extienden hasta los márgenes de las quebradas.
Monjas	x			x	x	x				x	x	Remanentes de bosque nativo, plantaciones de eucalipto y pino.	Ganado bovino	742607	9706405	Bosque nativo casi nulo, potreros con cultivos de forraje y pequeñas zonas agrícolas (papas) mismas que se extienden hasta los márgenes de las quebradas.
Sector Voluntad de Dios (laguna Nudpud)	x			x	x	x				x	x	Remanentes de bosque nativo, plantaciones de eucalipto y pino.	Ganado bovino	746191	9705155	Bosque nativo casi nulo, potreros con cultivos de forraje y pequeñas zonas agrícolas mismas que se extienden hasta los márgenes de las quebradas.
Nudpud (parte alta)	x			x	x					x	x	Remanentes de bosque nativo.	Ganado bovino	744556	9707038	Bosque nativo casi nulo, potreros con cultivos de forraje y pequeñas zonas agrícolas mismas que se extienden hasta los márgenes de las quebradas.
Comunidad Mirapamba	x			x	x					x	x	Bosque nativo de Nudpud.	Ganado bovino	744050	9706394	Parte alta de la microcuenca con mayor cantidad de bosque nativo que pertenece a la empresa de Emapal, zonas con potreros y cultivos agrícolas mismos que se extienden hasta los márgenes de la microcuenca.

Figura 6. Inventario de actividades antrópicas.  
Elaboración. Propia. 2017.

El inventario cuenta con información del nombre del lugar donde se desarrolló la toma de datos, ubicación geográfica, flora y fauna predominante, actividades antrópicas que se desarrollan y el tipo de contaminación que generan al recurso hídrico.

Las actividades antrópicas fueron clasificadas por diferentes tipos colores, estos dependen del grupo que se desarrollen en un mismo lugar, teniendo así que el color amarillo representa a la agricultura, ganadería y zona residencial; el azul a la agricultura, ganadería, silvicultura y zona residencial; el rojo a la agricultura, silvicultura, zona industrial y residencial; el verde claro a la agricultura y zona residencial; el verde oscuro a la agricultura y ganadería; el café a la agricultura, ganadería y silvicultura; el oro a la ganadería y el azul grisáceo a la ganadería y silvicultura.

### **Resultados del tipo de contaminación (puntual o difusa) al agua según la actividad productiva.**

Partiendo del inventario se determinó el tipo de contaminación generada por las diferentes actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca, las cuales se detallan en la (Tabla 10).

*Tabla 10. Tipos de contaminación según la actividad.*

<b>ACTIVIDAD</b>	<b>CONTAMINACIÓN PUNTUAL</b>	<b>CONTAMINACIÓN DIFUSA</b>
INDUSTRIAL	X	
GANADERA	X	X
AGRICOLA	X	X
RESIDENCIAL	X	X
SILVICULTURA		X
CULTIVOS DE PASTOS DE FORRAJE		X

*Elaboración. Propia. 2017.*

Las actividades ganaderas, agrícolas y la zona residencial causan afectación puntual y difusa debido a que su origen se da en los márgenes de los cauces hídricos y a distancias próximas (no mayor a 500 m) al mismo; la actividad industrial genera afectación puntual mientras que las actividades silvícolas y el cultivo de pastos de forraje generan contaminación difusa.

### **Resultados de las incidencias de la contaminación de las actividades antrópicas sobre el ambiente.**

Para determinar la incidencia de la contaminación de las actividades antrópicas se partió desde la identificación de impactos ambientales (Figura 7) que ocasionan cada una de ellas.

Medio	Factor	Actividades Antrópicas								Número de actividades que afectan	
		Agrícola	Pecuaria	Plantaciones Forestales (pino_eucalipto)	Deforestación	Vialidad_Transporte	Residencial	Turismo	Industrial		
Físico	Suelo	Uso del suelo	X	X	X	X	X	X	X	X	8
		Erosión	X	X	X	X	X				5
		Calidad del suelo	X	X	X	X	X	X		X	7
	Agua	Calidad del agua superficial	X	X			X	X		X	5
		Calidad del agua subterránea									0
		Alteración de sistemas de drenaje superficial	X	X	X	X		X		X	6
	Aire	Material particulado					X			X	2
		Ruido				X	X			X	3
		Olores								X	1
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	X	X		X	X	X	X	6	
		Especies endémicas		X	X	X		X		4	
	Ecosistemas	Áreas sensibles	X	X	X	X	X	X		6	
Socio-cultural	Costumbres	Afecta las tradiciones								0	
	Economía y desarrollo	Empleos	X	X	X	X	X		X	X	7
		Comercio	X	X	X	X	X		X	X	7
Salud Pública	Moradores	Molestias				X			X	X	3
	Trabajador	Seguridad laboral									
Estético	Percepción_Paisaje (entorno)	X	X		X	X	X	X	X	7	
Suma de impactos			10	11	8	12	11	8	5	12	77
											77

Figura 7 Matriz de Identificación de Impactos “Microcuenca\_río\_Tabacay”.

Fuente. Vc Fernandez-Vítora (2010).

Elaboración. Propia. 2017.

Se consideró al medio (físico, biótico, socio cultural, salud pública y estético) y al factor (suelo, agua, aire, ecosistemas, costumbres, economía, desarrollo, moradores y trabajadores) que están afectando en su desarrollo, posterior a esto se determinó que en total existen 77 afectaciones causadas por el desarrollo de las actividades antrópicas.

La importancia de los impactos ambientales que ocasionan las actividades antrópicas (Figura 8) se estableció luego de haber identificado y contabilizado los mismos.



Medio	Factor		Actividades Antrópicas							Número de actividades que afectan	
			Agrícola	Pecuaria	Plantaciones Forestales (pino_eucalipto)	Deforestación	Vialidad_Transporte	Residencial	Turismo		Industrial
Físico	Suelo	Uso del suelo	-31	-50	-30	-60	-25	-27	-29	-32	8
		Erosión	-30	-27	-21	-33	-17			-51	5
		Calidad del suelo	-23	-34	-24	-33	-14	-24		-51	7
	Agua	Calidad del agua superficial	-13	-29			-18	-31		-30	5
		Calidad del agua subterránea									0
		Alteración de sistemas de drenaje superficial	-32	-42	-22	-31		-31		-35	6
	Aire	Material particulado					-23			-56	2
		Ruido				-25	-19			-43	3
		Olores									1
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	-44	-47		-58	-13	-31		-19	6
		Especies endémicas		-33	-31	-38		-31			4
	Ecosistemas	Áreas sensibles	-31	-48	-38	-38	-15	-31			6
Socio-cultural	Costumbres	Afecta las tradiciones									0
	Economía y desarrollo	Empleos	21	21	21	21	21		21	21	7
		Comercio	21	21	21	21	21		21	21	7
Salud Pública	Moradores	Molestias				-38			-16	-33	3
	Trabajador	Seguridad laboral									
Estético		Percepción_Paisaje (entorno)	-33	-33		-33	-15	-18	-17	-30	7
Suma de impactos			10	11	8	12	11	8	5	12	77
											77

Figura 8. Matriz de Importancia de Impactos "Microcuenca\_río\_Tabacay".

Fuente. Vc Fernandez-Vitora (2010).

Elaboración. Propia. 2017.

La importancia de las actividades con el medio se determinó a criterio del investigador donde existieron afectaciones negativas (cuando daña al medio en el que se desarrolla) y positivas (cuando aporta un beneficio al medio o factor en el que se desarrolla), el valor otorgado a cada una de ellas es según el grado de daño o beneficio que causan al ambiente al momento de su desarrollo.

La Jerarquización de las afectaciones de las actividades antrópicas con el medio (Figura 9), se estableció según los datos otorgados a cada impacto en la matriz de importancia.

Medio	Factor	Matriz de Jerarquización										Resumen de Impactos Ambientales					
		Agrícola	Pecuaria	Plantaciones_Forestales (pino_eucalipto)	Deforestación	Viabilidad_Transporte	Residencial	Turismo	Industrial	Total Impactos	Positivo	Compatible	Moderado	Severo	Crítico	Total Impactos	
Físico	Suelo	Uso del suelo	-31	-50	-30	-60	-25	-27	-29	-32		0	0	6	2	0	8
		Erosión	-30	-27	-21	-33	-17			-51		0	2	3	1	0	6
		Calidad del suelo	-23	-34	-24	-33	-14	-24		-51		0	4	2	1	0	7
	Agua	Calidad del agua superficial	-13	-29			-18	-31		-30		0	2	3	0	0	5
		Calidad del agua subterránea										0	0	0	0	0	0
		Alteración de sistemas de drenaje superficial	-32	-42	-22	-31		-31		-35		0	1	5	0	0	6
	Aire	Material particulado					-23			-56		0	1	0	1	0	2
		Ruido				-25	-19			-43		0	1	2	0	0	3
		Olores										0	0	0	0	0	0
Biótico	Flora	Cobertura vegetal	-44	-47		-58	-13	-31		-19		0	2	3	1	0	6
		Especies endémicas		-33	-31	-38		-31				0	0	4	0	0	4
	Ecosistemas	Áreas sensibles	-31	-48	-38	-38	-15	-31				0	1	5	0	0	6
Socio-cultural	Costumbres	Afecta las tradiciones									0	0	0	0	0	0	
	Economía y desarrollo	Empleos	21	21	21	21	21		21	21		7	0	0	0	0	0
		Comercio	21	21	21	21	21		21	21		7	0	0	0	0	0
Salud Pública	Moradores	Molestias				-38			-16	-33		0	1	2	0	0	3
	Trabajador	Seguridad laboral									0	0	0	0	0	0	
Estético	Percepción_Paisaje (entorno)	-33	-33		-33	-15	-18	-17	-30		0	3	4	0	0	7	
Resumen de Impactos Ambientales	Total Impactos										14	18	39	6	0	63	
	Positivo										2	2	2	2	2	14	
	Compatible										2	0	3	0	8	18	
	Moderado										6	8	3	8	1	39	
	Severo										0	1	0	2	0	6	
	Crítico										0	0	0	0	0	0	
Total Impactos										8	9	6	10	9	8		

Figura 9. Matriz de Jerarquización de Impactos "Microcuenca\_río\_Tabacay".

Fuente. Vc Fernández-Vítora (2010).

Elaboración. Propia. 2017.

Los valores que son  $\geq 1$  y  $< 25$  se les estableció un rango de afectación compatible al recurso y fueron representados por el color verde; valores  $\geq 25$  y  $< 50$ , rango de afectación moderado y están representados por el color amarillo; valores  $\geq 50$  a  $< 75$ , rango de afectación severo y están representados por el color morado; valores  $\geq 75$  y  $\leq 100$ , rango de afectación crítico y están representados por el color rojo; valores positivos están representados por el color naranja.

Teniendo así que en la actualidad existen 14 afectaciones positivas con el medio; y 63 negativas de las cuales 18 son compatibles, 33 moderadas, 6 son severas. Cabe mencionar que el desarrollo de las actividades antrópicas aún no genera alteraciones críticas al medio ambiente.

La matriz de incidencia, importancia y jerarquización de los impactos de la microcuenca del río Tabacay se desarrollaron según la metodología establecida por Conesa Fernández Vítora (2010).

## Resultados de la elaboración de los mapas temáticos

Los mapas temáticos fueron generados en ArcGis 10.2 (2014) a partir de la información obtenida de SIGTIERRAS (2016) y en la caracterización morfométrica de la microcuenca.

### *Curvas de nivel.*

Las curvas de nivel de la provincia del Cañar (Figura 10) fueron generadas mediante el programa Global Mapper 16 (2014).

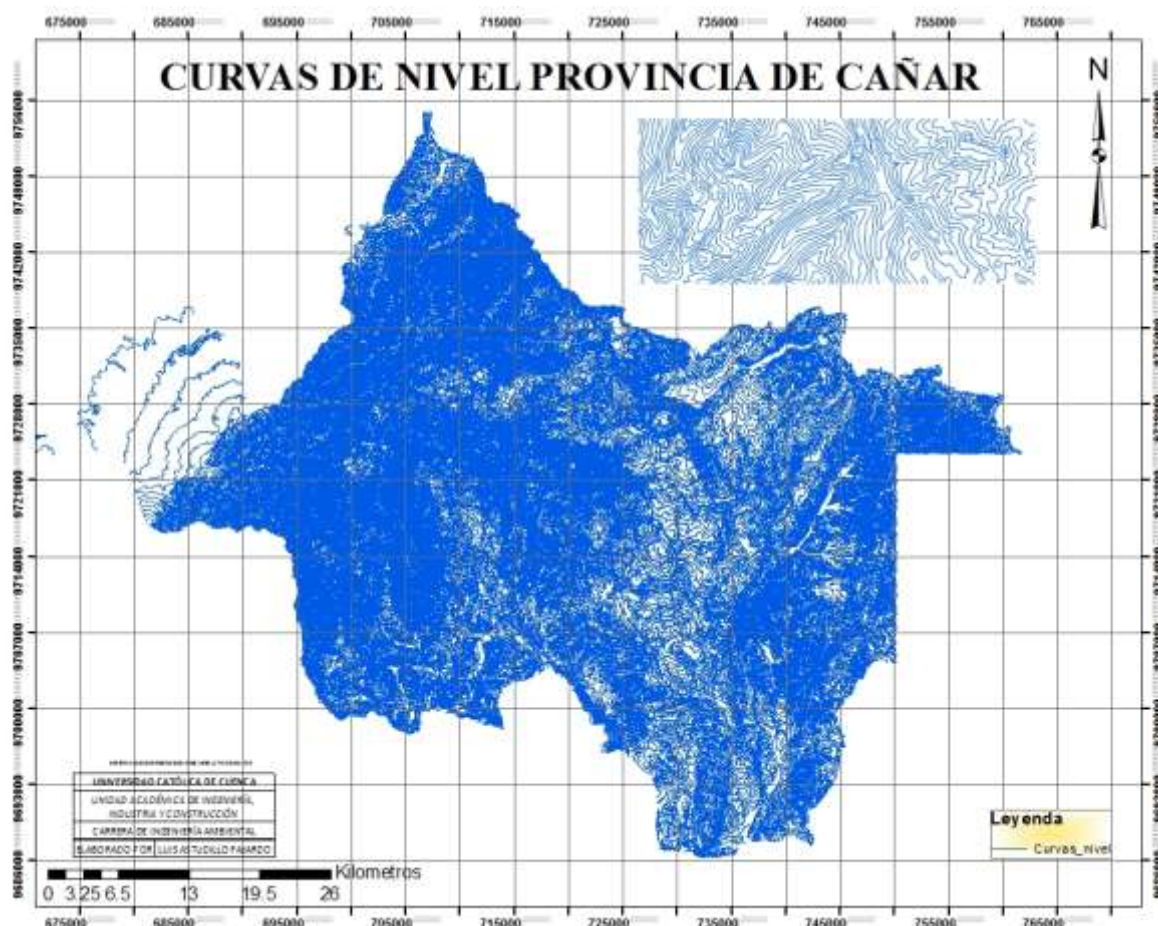


Figura 10. Curvas De Nivel Provincia de Cañar  
Elaboración. Propia. 2017.

Para la elaboración de este mapa (Figura 10) se consideró una distancia de 20 m entre cada curva de nivel que están representadas por las líneas de color azul y el tono blanco indica la separación que existe en cada variación altitudinal. Luego con estas se creó el MDE con pixeles de 20 x 20 m lo que mejora el análisis en pequeñas zonas de estudio puesto que mientras más reducidos son los pixeles mejores resultados se obtienen.

### **Redes Irregulares de Triángulos (TIN).**

El TIN de la provincia de Cañar (Figura 11) ha sido generado a partir de las curvas de nivel.

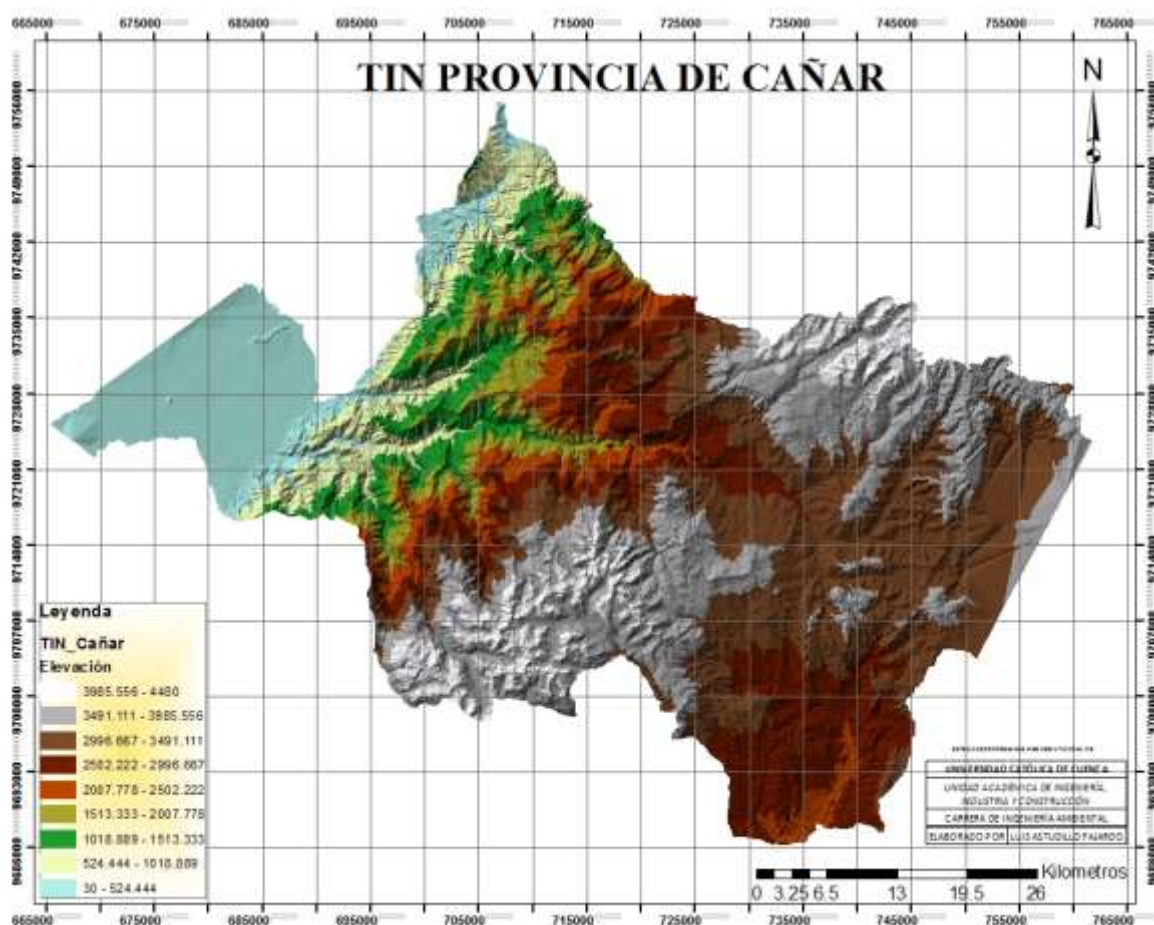


Figura 11. TIN Provincia de Cañar.  
Elaboración. Propia. 2017.

El TIN nos permite estimar la altura sobre el nivel del mar en cualquier región de la zona de estudio, las diferentes tonalidades de colores representan los cambios altitudinales a lo largo de toda la microcuenca, siendo así que el color celeste, blanco hueso y matices verdes representan las zonas más bajas (524 a 2007.7 m.s.n.m.), mientras que el café, gris y el blanco indica los lugares más altos (2996.6 a 4480 m.s.n.m.) dentro de la zona de estudio.

### **Modelo Digital de Elevaciones (MDE).**

El MDE del terreno de la provincia de Cañar (Figura 12) fue generado a partir del TIN.

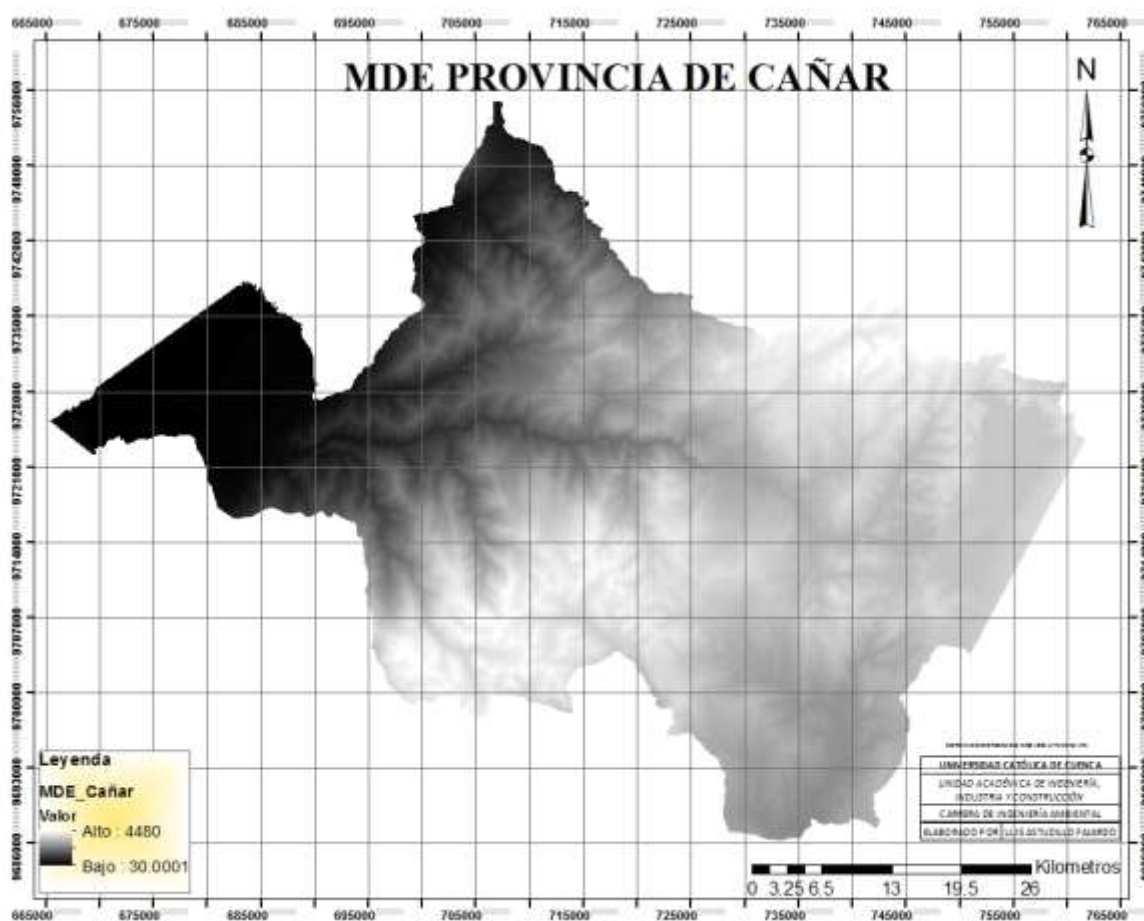


Figura 12. MDE Provincia De Cañar.  
Elaboración. Propia. 2017.

El MDE es representado mediante información en formato raster que está conformado por píxeles de un tamaño de 20 x 20 m que corresponden a la distancia de separación entre las curvas de nivel de la figura 10, aquí se puede determinar la elevación del terreno en relación a un sistema de coordenadas de referencia previamente establecido, ubicación y pendientes. Los colores más oscuros representan los lugares de menor altitud mientras que los más claros las partes con mayor altitud.

### **Dirección de flujo.**

La dirección de flujo de la provincia de Cañar (Figura 13) ha sido generada a partir del MDE.



Figura 13. Dirección De Flujo Provincia De Cañar.  
Elaboración. Propia. 2017.

Analizando los valores de los pixeles del MDE como alturas, ubicación y pendientes se estimó el comportamiento del flujo hídrico el cual es representado mediante diferentes colores con sus respectivos datos que varían según la cantidad de agua que puede estar presente en ese lugar, así tenemos que el color azul, verde, rosado y gris contienen los valores más bajos lo que indica que son las partes altas de la zona de estudio lugar donde empieza a formarse las fuentes hídricas mientras que el color celeste que tiene el valor más alto indica que en ese lugar se acumula la mayor cantidad de agua lo que puede estar formado por quebradas, lagunas o ríos.

### **Acumulación de flujo y puntos de drenaje.**

La acumulación de flujo y la red de drenaje de la provincia de Cañar (Figura 14) fueron generadas a partir de la dirección de flujo y el análisis de los datos de sus píxeles.

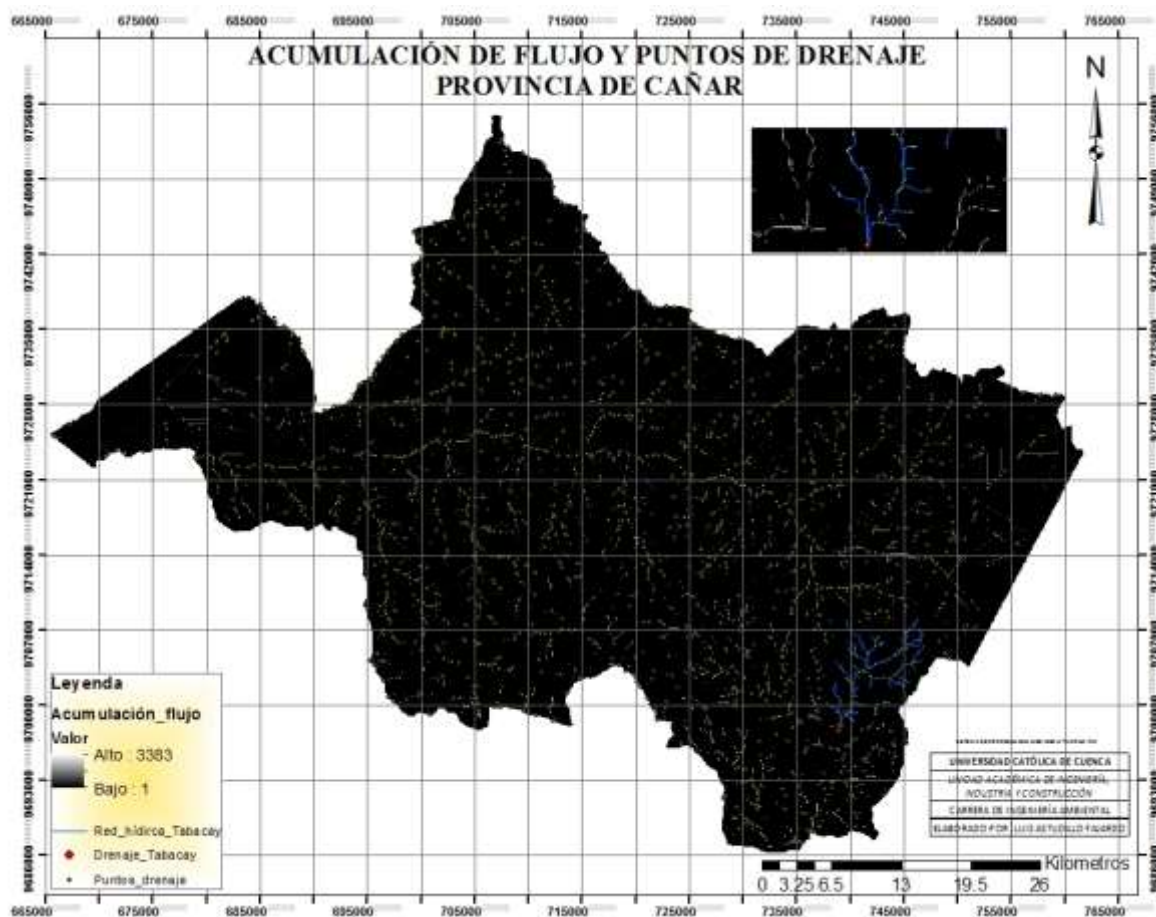


Figura 14. Acumulación De Flujo y Red De Drenaje Provincia De Cañar.  
Elaboración. Propia. 2017.

La acumulación de flujo está representada por las líneas de color blanco, donde las más claras indican una mayor acumulación de caudal; los puntos de color verde indican sus respectivos puntos de drenaje que es donde se une una o más corrientes hídricas las cuales terminan desembocando a un flujo de mayor orden.

Las líneas de color azul representan la red hídrica de la microcuenca del río Tabacay y el punto de color rojo el drenaje de la misma a una cuenca de mayor orden.

### **Microcuencas de la provincia de Cañar.**

El conjunto de microcuencas que conforman la provincia de Cañar (Figura 15) han sido generadas a partir del análisis de la información de la acumulación de flujo y la red de drenaje.

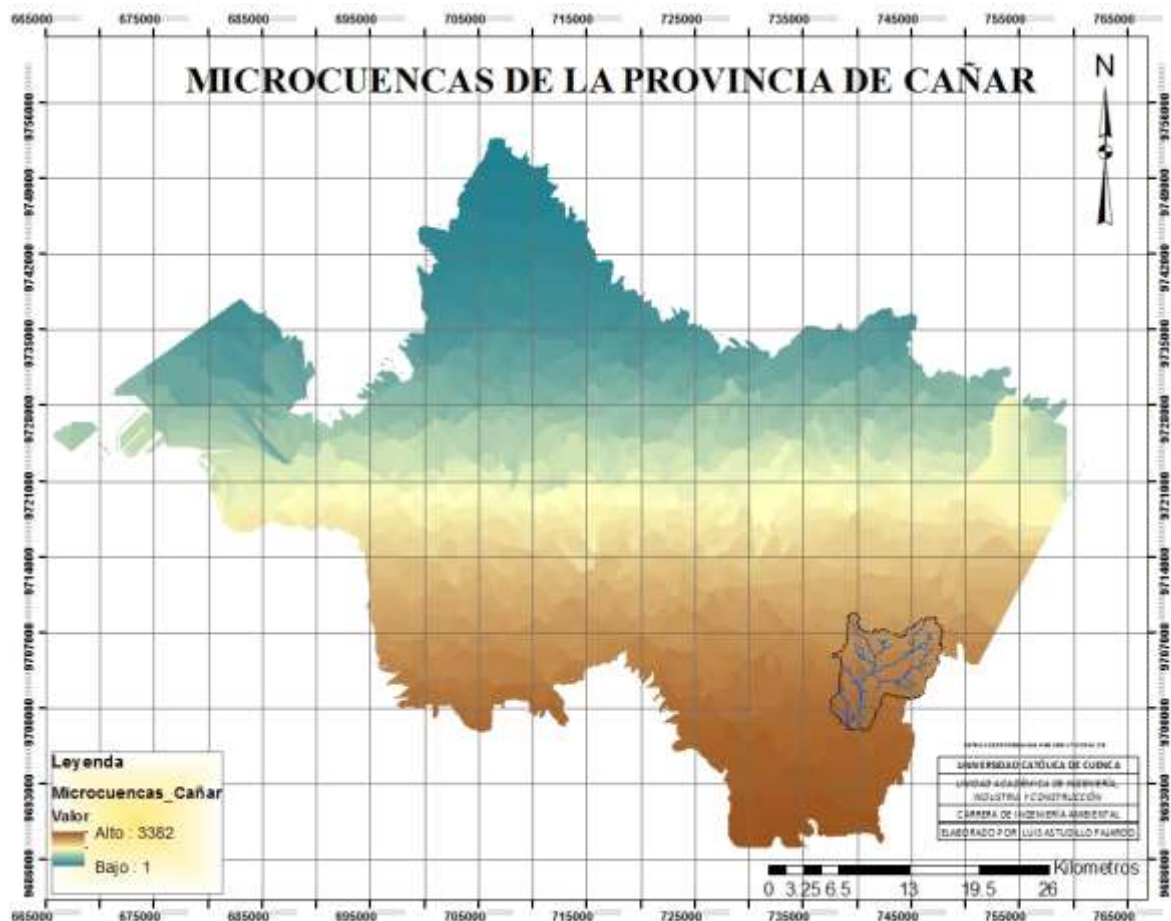


Figura 15. Microcuencas Provincia De Cañar.  
Elaboración. Propia. 2017.

Las diferentes tonalidades representan la variación altitudinal mientras que los relieves indican las microcuencas o quebradas que existen en la provincia de Cañar, también es posible ubicar nuestra zona de estudio la microcuenca del río Tabacay que está representada por un contorno de color negro y líneas de color celeste que indican la red hídrica de la misma.



### **Microcuenca del río Tabacay.**

La microcuenca del río Tabacay (Figura 16) con su respectivo MDE, curvas de nivel y red hídrica, han sido extraídos de la información generada en los mapas anteriores.

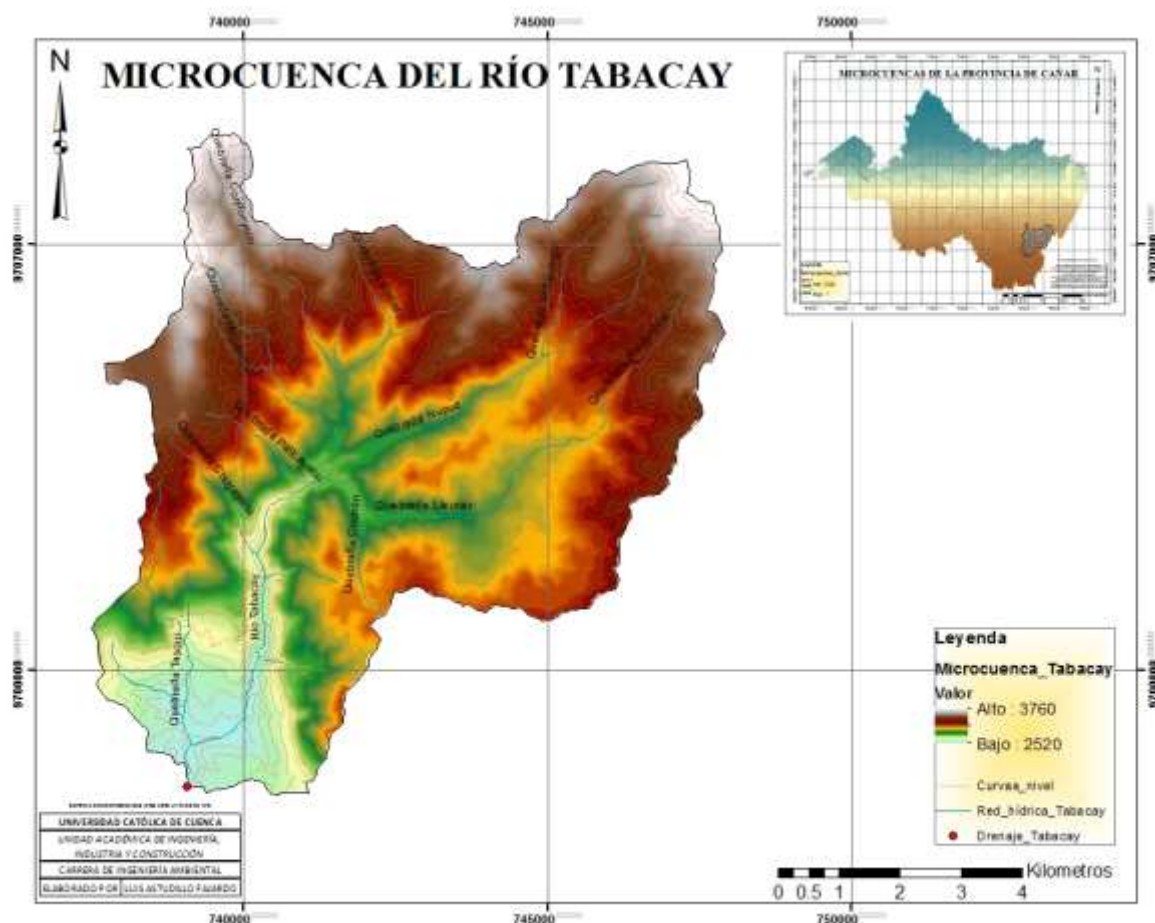


Figura 16. Microcuenca Río Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

Este conjunto de datos son la base para desarrollar y obtener los parámetros morfológicos e hidrológicos de la microcuenca según nuestras necesidades, las diferentes tonalidades de colores representan las alturas sobre el nivel del mar, el celeste corresponde a la parte baja de la microcuenca y el color café y blanco los lugares con mayor altura, las líneas de color café son las curvas de nivel y las de color celeste indican la red hídrica existente en el lugar.

### **Orden de la microcuenca.**

En el mapa a continuación se puede observar el MDE, curvas de nivel y el orden de la microcuenca (Figura 17) que se obtuvo a partir del análisis de la red hídrica de la microcuenca del río Tabacay.

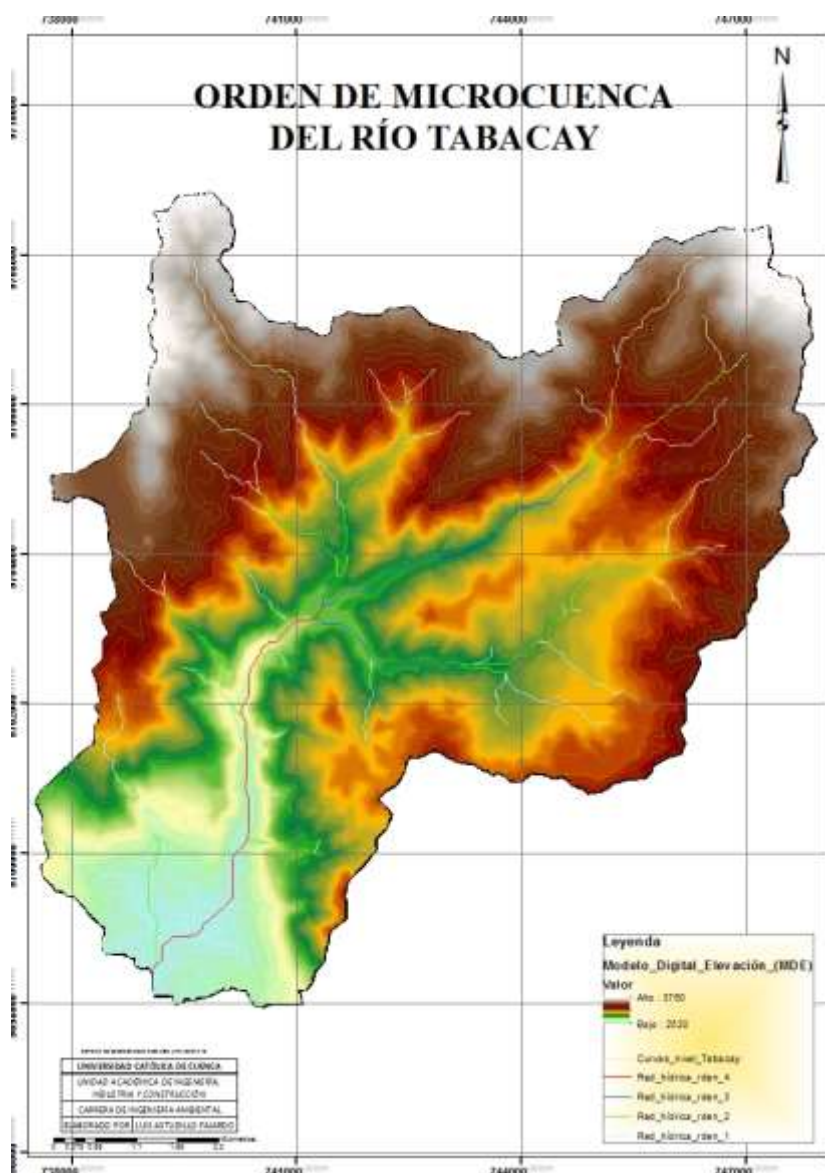


Figura 17. Orden De Microcuenca Del Río Tabacay.  
Elaboración. Propia.

Para generar este mapa se utilizó los puntos de drenaje y el sistema de red hídrico, donde, la unión de una o más redes forman un orden de microcuenca, los cuales siguen el mismo patrón hasta formar una quebrada o río que termina desembocando a un cause mayor en la parte baja, en este caso nuestra zona de estudio posee un orden hídrico de cuarto nivel.

Las líneas de color azul representan el orden hídrico de primer nivel, las verdes de segundo, las azules de tercer y las rojas de cuarto.

### **Actividades antrópicas de la microcuenca.**

Las diferentes actividades antrópicas (Figura 18) que se desarrollan en la microcuenca han sido generadas con la información obtenida de SIGTIERRAS (2016), en las visitas *in situ* y el análisis de ortofotos.

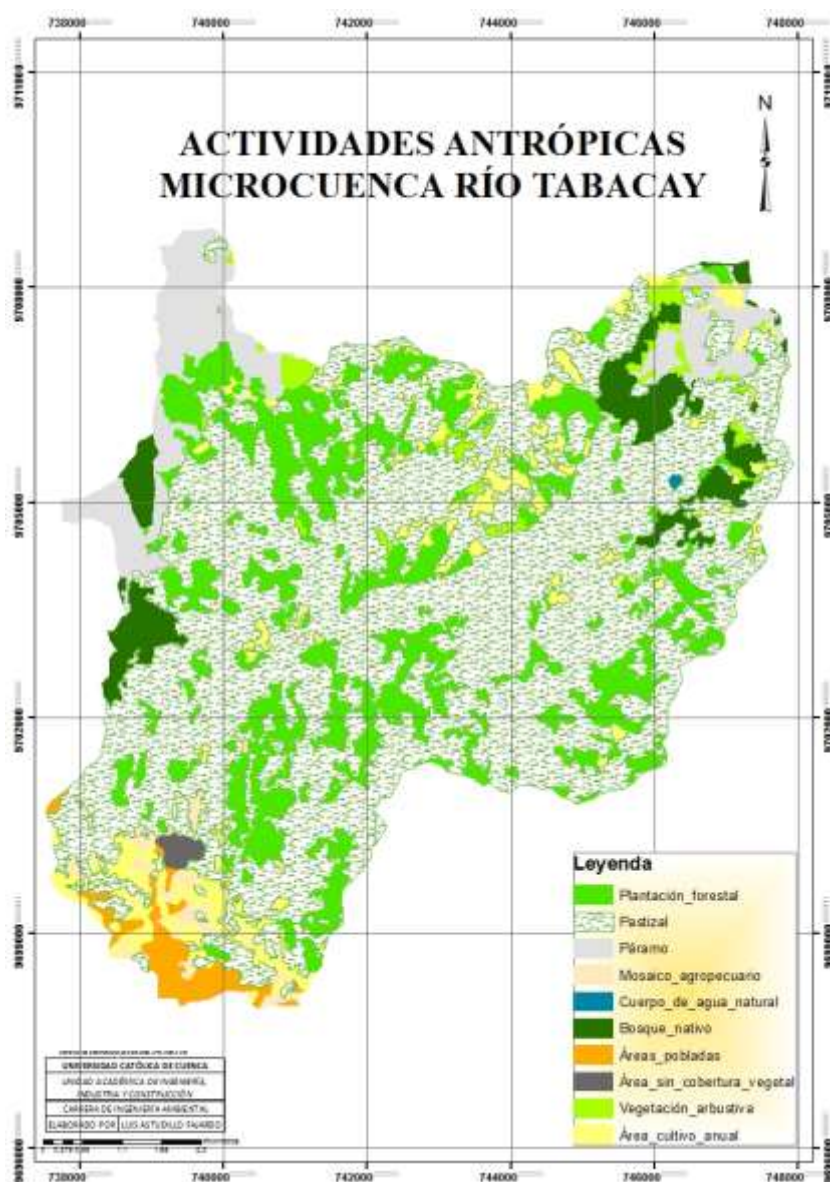


Figura 18. Actividades Antrópicas Microcuenca Río Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

La información está conformada por un sistema vectorial donde cada capa (color) representa una actividad en particular y los detalles generales de la misma.

En la actualidad en la microcuenca existen plantaciones forestales, pastizales, paramos, mosaicos agropecuarios, cuerpos de agua natural, bosques nativos, áreas pobladas, áreas sin cobertura vegetal, vegetación arbustiva y áreas con cultivos anuales.

### **Vías y centros poblados de la microcuenca.**

Las vías y centros poblados de la microcuenca del río Tabacay (Figura 19) han sido generados a partir de la información descargada de SIGTIERRAS (2016).

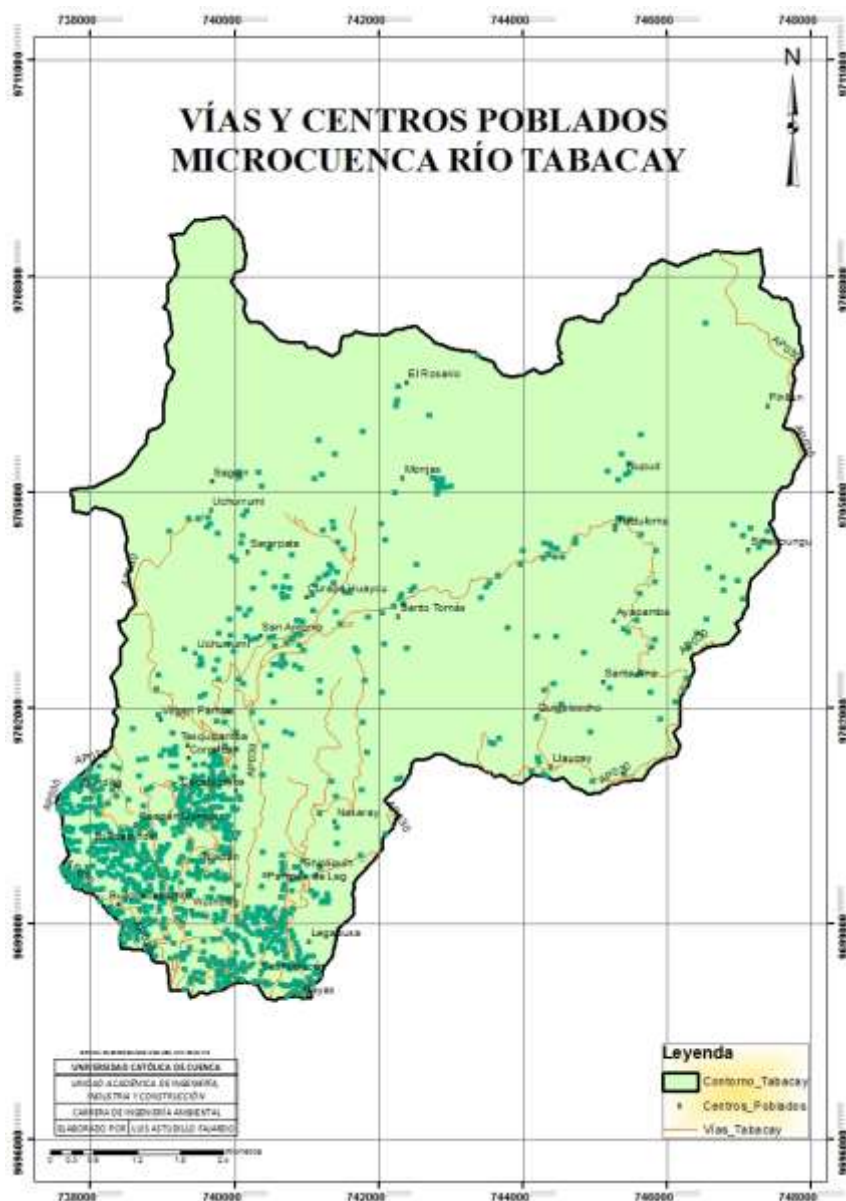


Figura 19. Centros Poblados y Vías De La Microcuenca Del Río Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

Los centros poblados y la red vial de la microcuenca están conformados por información vectorial los cuales nos detallan la ubicación geográfica, características de cada vivienda y las principales vías de comunicación existentes.

Los cuadrados de color celeste representan las viviendas mientras que las líneas de color café indican las diferentes vías de la localidad.

### Riesgo de erosión según la pendiente.

Las pendientes y el riesgo de erosión (figura 20) que tiene la microcuenca han sido elaboradas siguiendo la metodología establecida por la FAO (2007).

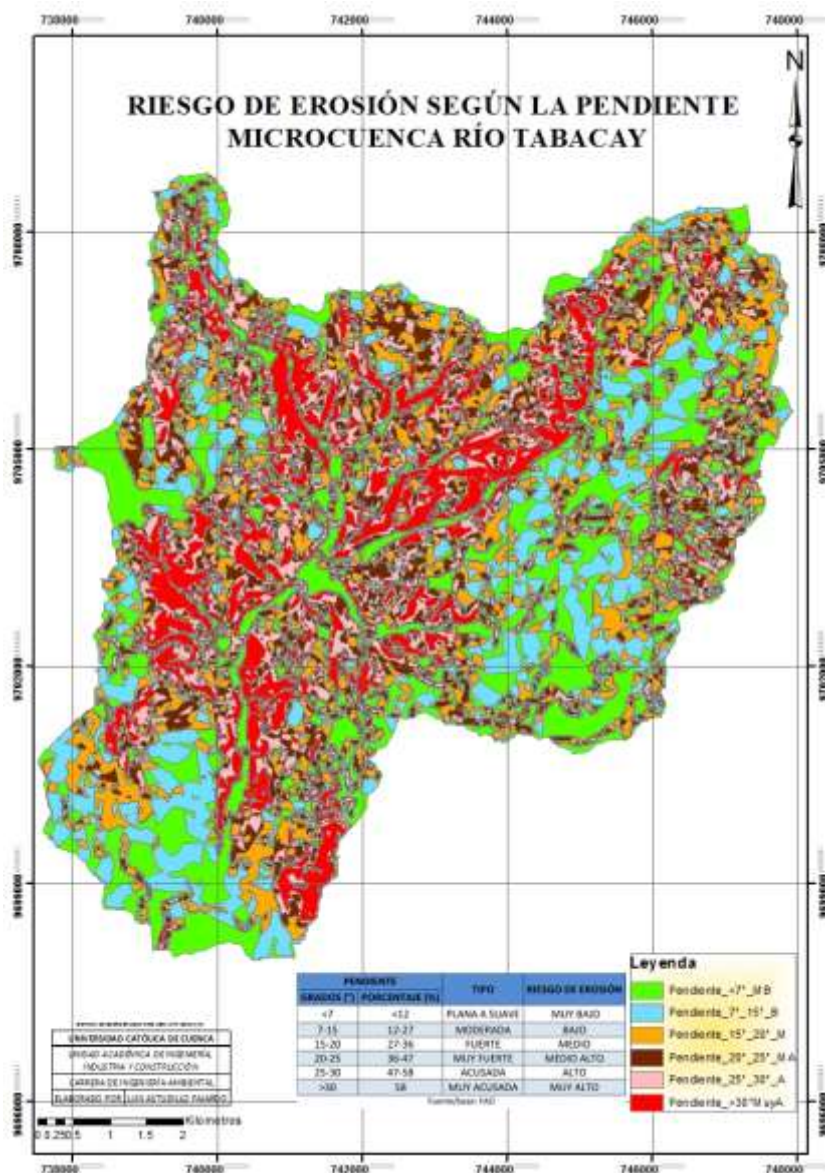


Figura 20. Riesgo de Erosión Según La Pendiente Microcuenca Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

Se estimó la posibilidad de erosión del suelo mediante una clasificación de las pendientes en 6 rangos, donde se analiza el riesgo desde muy bajo que es representado por color verde y tiene una pendiente menor a 7° indica una zona ideal para realizar cualquier actividad puesto que no tiene dificultades mayores en cuanto a su morfología, hasta el riesgo de erosión muy alto que es representado por el color rojo que cuenta con una pendiente mayor a 30° lo que indica que no es un lugar apto para desarrollar actividades antrópicas porque el suelo perdería rápidamente sus características y se daría paso a una degradación constante.

### **Riesgo de pérdida de suelo según su profundidad.**

El riesgo de pérdida de suelo según su profundidad (Figura 21) se obtuvo analizando los distintos usos del mismo y el alcance máximo de profundidad que las raíces de la vegetación existente puedan alcanzar.

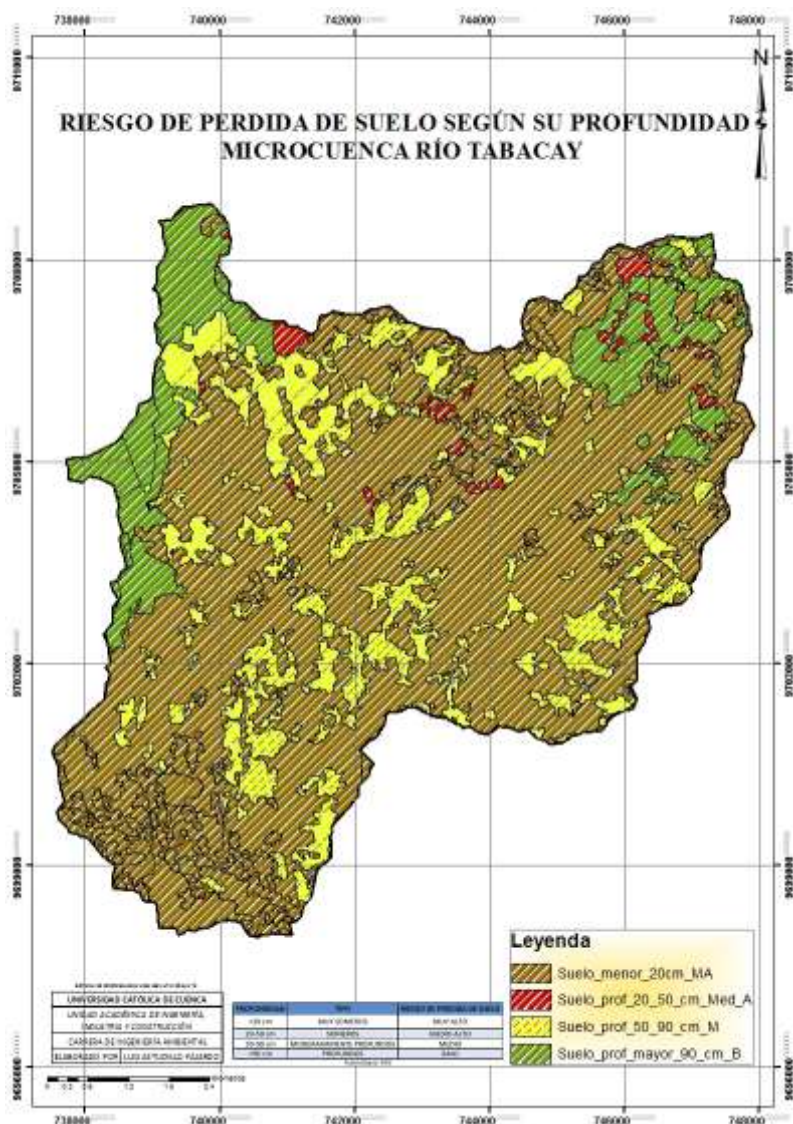


Figura 21. Riesgo De Pérdida De Suelo Según Su Profundidad Microcuenca Río Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

El riesgo de pérdida de suelo según su profundidad está clasificado desde muy bajo que es representado por el color verde y suelos profundos que no han tenido intervención alguna, mantienen sus propiedades físicas y las raíces de la vegetación existente alcanzan profundidades mayores a los 90 cm y hasta una erosión muy alta que está representado por el color café, misma que es producida por suelos muy someros donde sus raíces alcanzan como máximo una profundidad de 20 cm estos son los que han sido fuertemente intervenidos como potreros y zonas agrícolas.

### ***Riesgo potencial de degradación del suelo.***

El riesgo potencial de degradación del territorio de la microcuenca (Figura 22) se generó al cruzar la información de las pendientes con la profundidad del suelo (figura 20, 21).

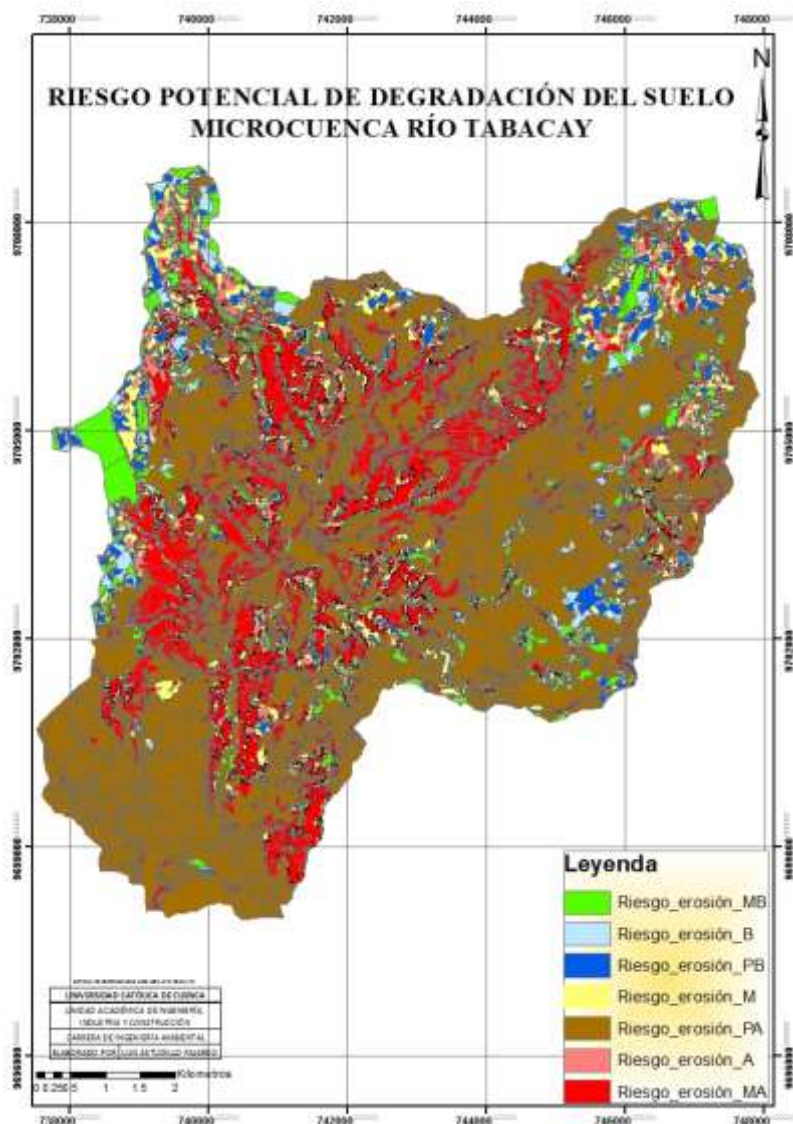


Figura 22. Riesgo Potencial De Degradación Del Suelo Microcuenca Río Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

Se obtuvo un rango de erosión que va desde muy bajo representado por el color verde que indica los lugares más estables e ideales para realizar alguna actividad a muy alto simbolizado por el rojo que indica las zonas más propensas a sufrir degradación si se realiza algún tipo de desarrollo antrópico.

### **Contaminación residencial puntual.**

La zona de influencia de la contaminación puntual (Figura 23) se generó considerando una distancia de 100 m de radio desde la red hídrica de la microcuenca.

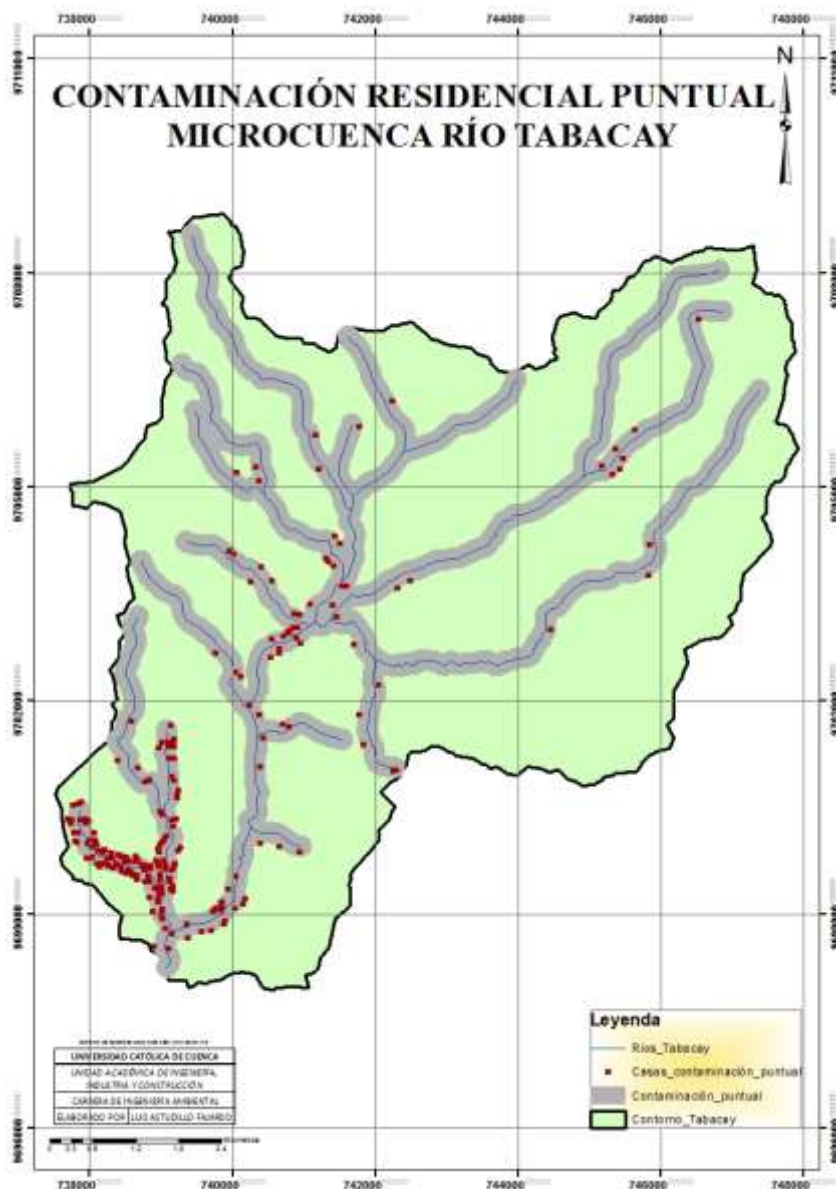


Figura 23. Contaminación Residencial Puntual Microcuenca Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

El área que se encuentra contenida dentro de la zona de influencia es de 18.46 km<sup>2</sup> y está representada por el color gris donde se encuentran actualmente 208 viviendas simbolizadas por los cuadros de color rojo las cuales ocasionan contaminación puntual debido a que no cuentan con un sistema de alcantarillado por lo que acostumbran a utilizar el método de pozos sépticos para la descarga de sus aguas negras mismas que llegan a los cauces principales sin ninguna dificultad o en algunos de los casos estas son conducidas directamente mediante tuberías hasta las quebradas o el río.



### **Contaminación residencial difusa.**

La zona de influencia de la contaminación difusa (Figura 24) se generó considerando una distancia de 500 m desde las zonas residenciales hacia la red hídrica, sin considerar aquellas que generan afectación puntual.

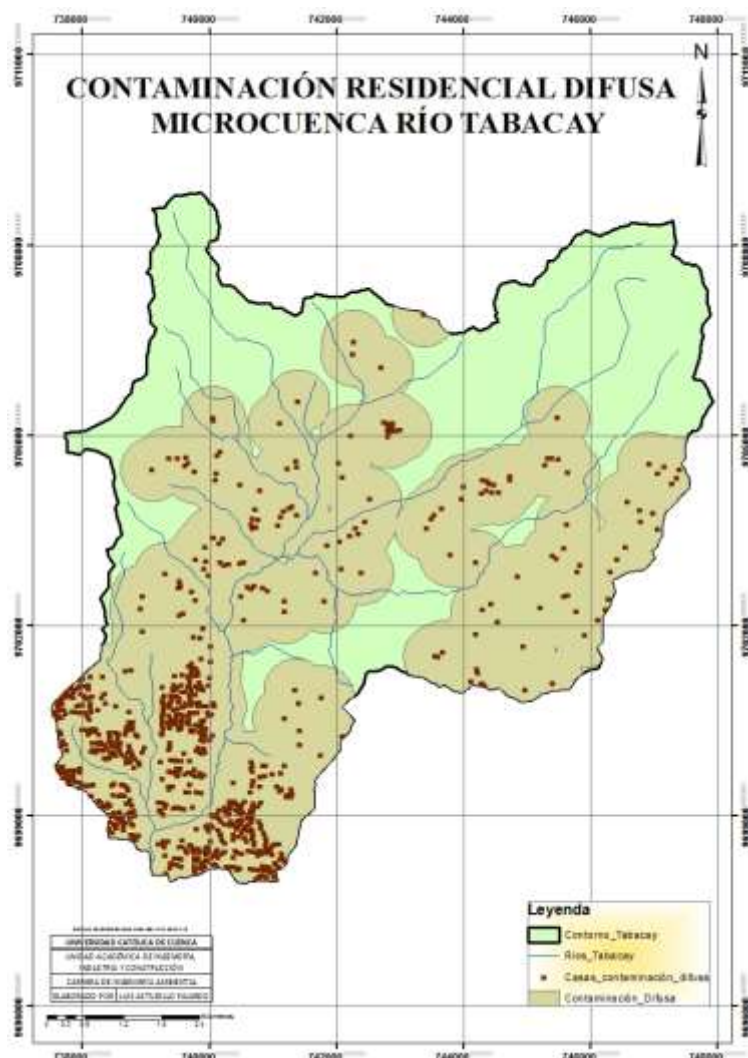


Figura 24. Contaminación Residencial Difusa Microcuenca Río Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

La zona representada por el color café claro tiene un área de 43.47 km<sup>2</sup>, donde se encuentran 768 viviendas simbolizadas por los cuadros de color café oscuro mismas que están generando contaminación difusa.

Las casas que están ubicadas dentro del perímetro de 500 m y que lleguen hasta las quebradas o río generan contaminación difusa y las que no solo ocasionan alteración al suelo.

### **Posibles focos de contaminación difusa.**

Los posibles focos de contaminación difusa de la microcuenca (Figura 25) fueron generados mediante el análisis de la ortofoto y actividades antrópicas que en ella se realizan.



Figura 25. Posibles Focos De Contaminación Difusa Microcuenca Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

Los posibles focos de contaminación difusa representados por los puntos de color rojo fueron ubicados considerando actividades como uso del suelo para pastizales, mosaicos agropecuarios, cultivos anuales y las condiciones morfológicas de la microcuenca que ocasionan una pérdida de las características físicas y dan paso a una alta degradación del suelo, misma que se puede observar en épocas de mayor precipitación donde la red hídrica en cuestión de minutos cambia su color por el arrastre de sólidos provenientes de las zonas intervenidas.

### **Ortofoto y bosque de ribera.**

El mapa a continuación (Figura 26) se generó utilizando la ortofoto de la microcuenca del río Tabacay, red hídrica y el Acuerdo Ministerial 128 del Ministerio del Ambiente.



Figura 26. Ortofoto y Bosque de Ribera Microcuenca Río Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

Se puede observar la ortofoto, red hídrica y bosque de ribera de la microcuenca que ocupa un área de 1.93 km<sup>2</sup> y está representada por las líneas de color verde que se generó teniendo en cuenta el Acuerdo Ministerial 128 del Ministerio del Ambiente donde manifiesta que si el río o quebrada tiene hasta 3 m de ancho se debe mantener un área de protección de mínimo 10 m en las márgenes para evitar contaminación, deslizamientos e inundaciones a más de eso estos sirven como agentes biológicos, evitan la contaminación directa, estabilizan las orillas, disminuyen la escorrentía, mantienen la humedad del suelo, mejoran el paisaje y dan sombra para los animales.

### **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) 2013.**

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2013 (Figura 27) de la microcuenca del río Tabacay se generó mediante el análisis de las imágenes Landsat 8.

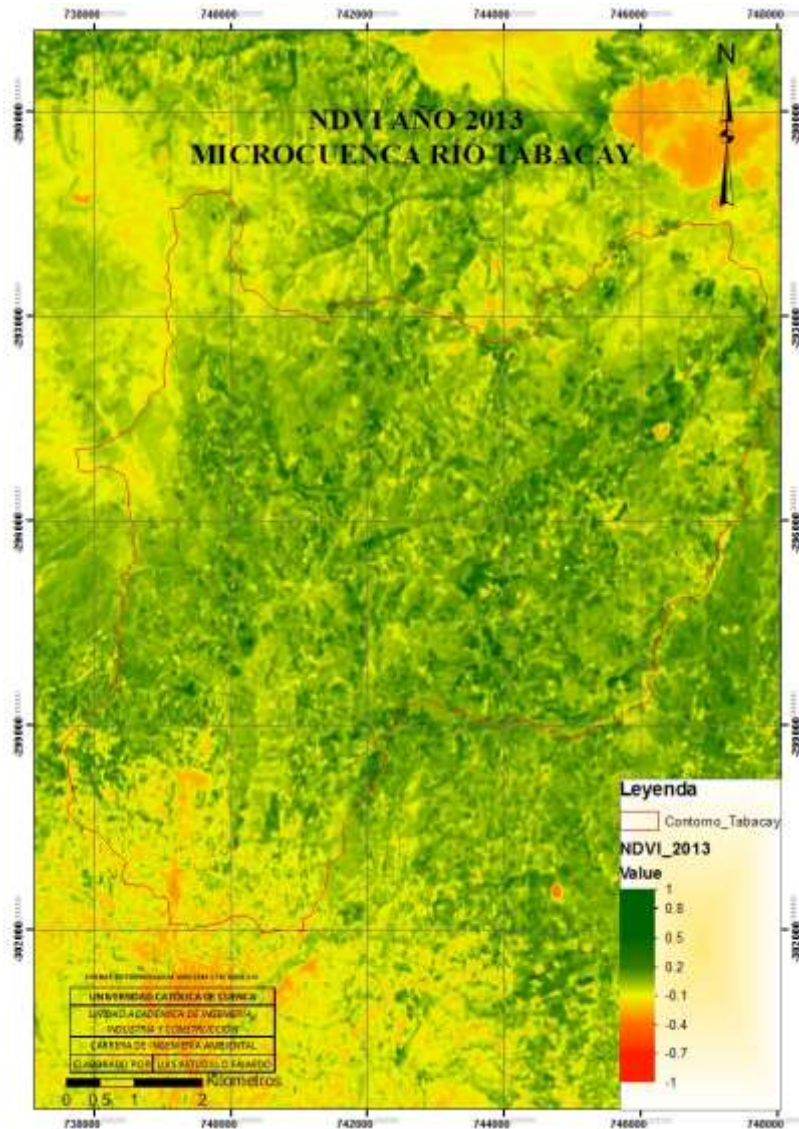


Figura 27. NDVI año 2013 Microcuenca Río Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

Basándose en la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja se estimó la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, donde cada pixel de la imagen tiene un valor que va desde -1 a 1.

Los valores de -1 a 0 representan zonas pobladas, infraestructuras, ríos, lagunas o nubes; de 0 y hasta 0.5 simbolizan zonas que tienen poca vegetación como potreros o cultivos y los que van de 0.5 a 1 son los lugares donde todavía existe buena vegetación siendo el pixel que contiene el valor 1 la zona con vegetación más exuberante y sana.

### **Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) 2016.**

El Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) del año 2016 (Figura 28) de la microcuenca del río Tabacay se generó mediante el análisis de las imágenes Landsat 8.

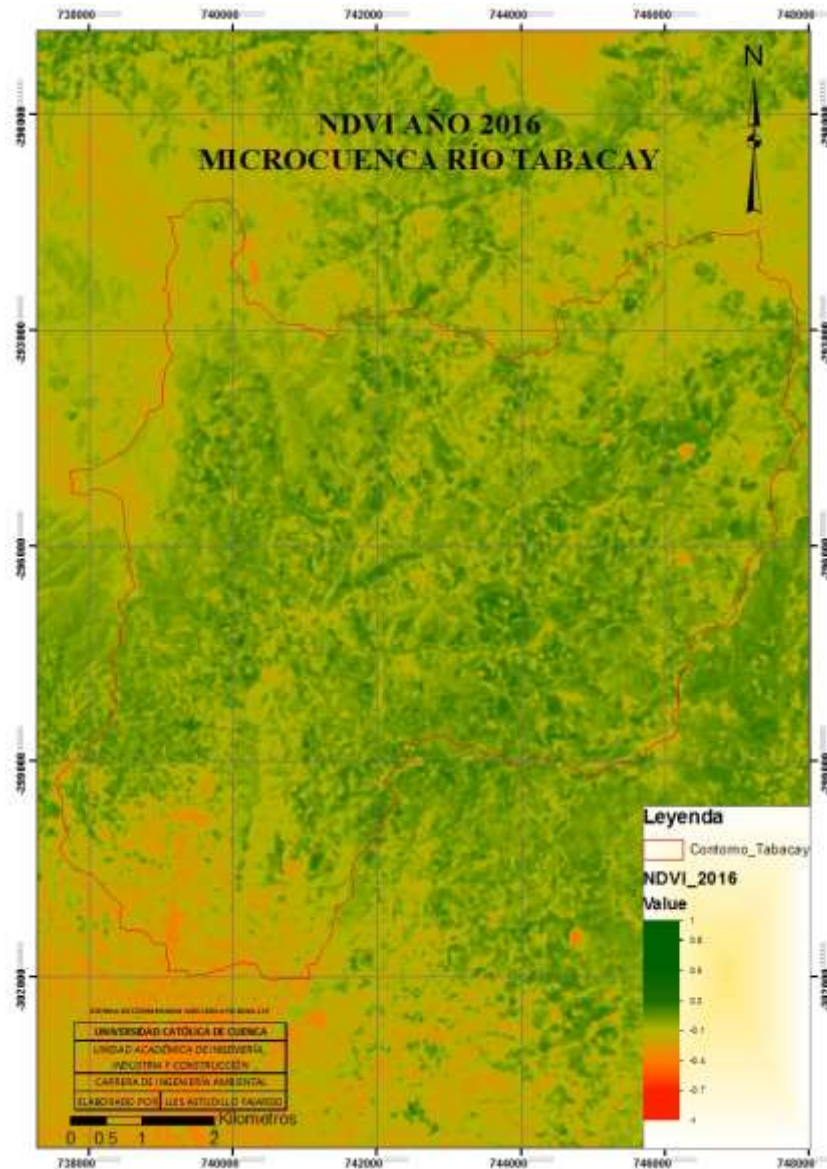


Figura 28. NDVI Año 2016 Microcuenca Río Tabacay.  
Elaboración. Propia. 2017.

Basándose en la medición de la intensidad de la radiación de ciertas bandas del espectro electromagnético que la vegetación emite o refleja se estimó la cantidad, calidad y desarrollo de la vegetación, donde cada pixel de la imagen tiene un valor que va desde -1 a 1.

Los valores de -1 a 0 representan zonas pobladas, infraestructuras, ríos, lagunas o nubes; de 0 y hasta 0.5 simbolizan zonas que tienen poca vegetación como potreros o cultivos y los que van de 0.5 a 1 son los lugares donde todavía existe buena vegetación siendo el pixel que contiene el valor 1 la zona con vegetación más exuberante y sana.

### **Cambio de uso de suelo periodo 2013 - 2016.**

El cambio de uso de suelo que ha tenido la microcuenca del río Tabacay en el transcurso de 4 años se generó mediante el análisis de la información del NDVI del año 2013 y 2016.

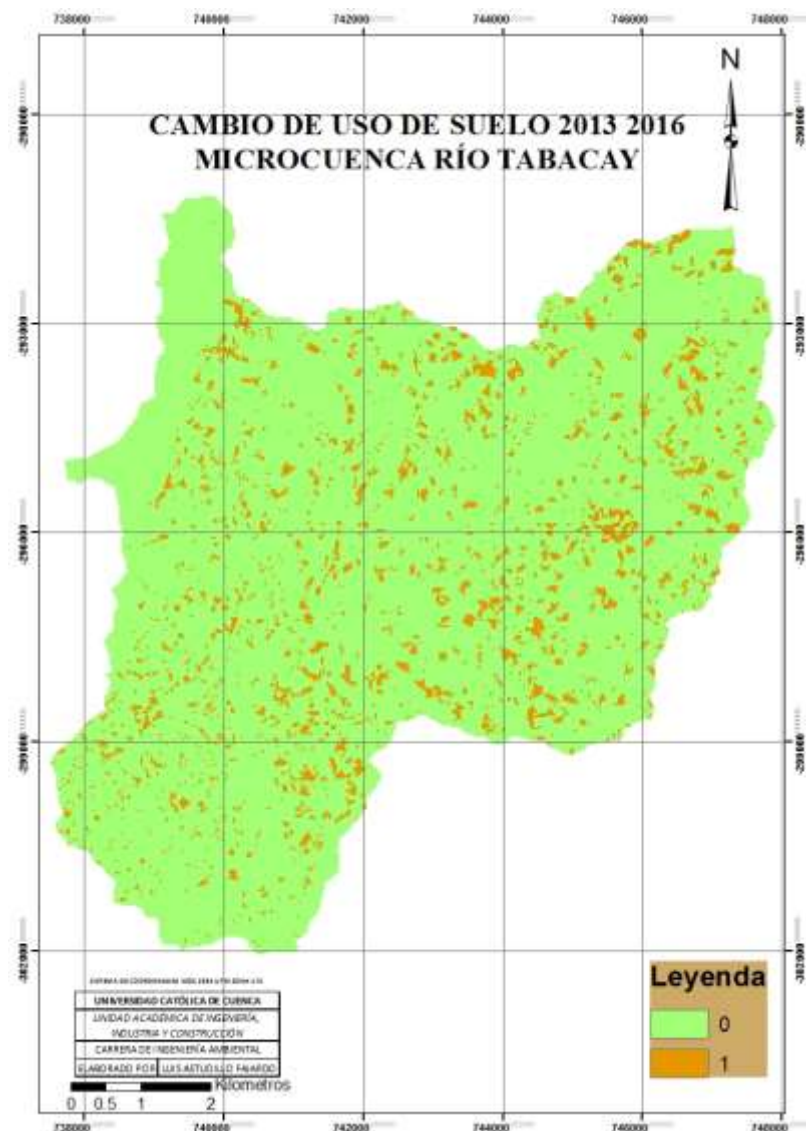


Figura 29. Cambio De Uso De Suelo 2013 2016 Microcuenca Tabacay. Elaboración. Propia. 2017.

El cambio de uso de suelo que ha tenido la microcuenca en el transcurso de los 4 años es de 5.34 km<sup>2</sup> que equivale al 7.98% del área total, el cual se obtuvo mediante el cruce de la información del NDVI del año 2013 y 2016, donde, se realizó una resta de los valores de sus píxeles desde el último año, teniendo en cuenta que a valores iguales la resta será 0 lo que significa que el uso de suelo sigue siendo el mismo mientras que los valores de 1 indican que en ese lapso de tiempo existió un cambio significativo en cuanto a la cobertura del suelo.

## 4.2. Análisis de los resultados.

- Caracterización de la microcuenca.

La microcuenca del río Tabacay cuenta con un área de 66.85 km<sup>2</sup> y un perímetro de 44.58 km cuyo factor de forma es de 0.28, se encuentra ubicada en región sierra de Ecuador su altura sobre el nivel del mar va desde los 2520 m en su parte baja y hasta los 3760 m en la parte alta, cuenta con pendientes mayores a los 15° de inclinación en la mayor parte de su territorio.

Posee un orden hídrico de cuarto nivel, su longitud es de 63.27 km donde su curso principal (río Tabacay) tiene una extensión de 15. 21 km.

- Inventario de actividades productivas.

Para realizar el inventario de actividades antrópicas se analizó los datos obtenidos en las 37 fichas de campo (Figura 6), donde se determinó que las principales formas de desarrollo que se dan en la microcuenca del río Tabacay son la agricultura (A), ganadería (G), silvicultura (S), industria (I) y residencia (R) quedando representadas en los siguientes porcentajes (Tabla 11).

Tabla 11. Resultados Obtenidos Del Inventario.

A,G,R.	A,G,S,R.	A,S,I,R.	A,R.	A, G.	A,G,S.	G.	G,S.	
4	6	1	1	12	6	5	2	37
10.81%	16.22%	2.7%	2.7%	32.43%	16.22%	13.51%	5.41%	100 %

Elaboración. Propia. 2017.

- Agricultura

Actividad que se desarrolla en la parte baja y alta de la microcuenca donde se realizan cultivos de ciclo corto como es el maíz, melloco, hortalizas y papas siendo esta última la que se siembra en la parte alta. Esta producción agrícola ocupa un espacio de 5.1 km<sup>2</sup>, actualmente el problema para la microcuenca y su recurso hídrico radica en que muchos de los cultivos se desarrollan junto a los márgenes de las quebradas y el río al igual que en zonas con pendientes muy pronunciadas y sin ningún tipo de tecnificación lo que da paso a la erosión y pérdida de la calidad del suelo.

- Ganadería

Según la FAO el sector pecuario es el que mayor crecimiento tiene a nivel mundial y esto también se ve reflejado en la microcuenca del río Tabacay pues es la principal actividad productiva que se desarrolla y es el medio de subsistencia para muchas familias de la localidad.

La producción agropecuaria ocupa un área de 39.25 km<sup>2</sup> que corresponde al 58.71% del territorio, representa un grave problema para el recurso hídrico y el cambio de uso del suelo pues el ganado bobino consume una gran cantidad de biomasa por lo que se ha deforestado casi en su totalidad los bosques nativos y el páramo para ser remplazados por potreros con cultivos de forraje. (Figura 30).



*Figura 30. Potreros y Cultivos de Forraje.  
Elaboración. Propia. 2017.*

Esta actividad se desarrolla en pendientes muy pronunciadas lo que da paso a una mayor degradación y pérdida de nutrientes del suelo ocasionando que los cultivos de forraje cada vez tengan menos calidad por lo que los propietarios se ven en la necesidad de usar gallinaza (abono orgánico de gallina) para mejorar sus pastizales mismo que es utilizado sin ningún tipo tecnificación. (Figura 31).



*Figura 31. Utilización de Gallinaza.  
Elaboración. Propia. 2017.*



- Silvicultura

La silvicultura en la microcuenca está representada principalmente por cultivos introducidos de pino y eucalipto (Figura 32) que ocupa un área de 12.05 km<sup>2</sup> mismos que por sus propiedades biológicas y resistencia están desplazando a las especies nativas, estos bosques son plantados en su mayoría con fines comerciales lo que a la larga representa una degradación del suelo y pérdida de ecosistemas.



*Figura 32. Plantación de Pino y Eucalipto.  
Elaboración. Propia. 2017.*

- Industria

En la microcuenca del río Tabacay se desarrollan dos tipos de actividades industriales que son la cementera Guapán que se ubica en la parte baja y la empresa de quesos de chonta en la parte alta, estas ocupan un área estimada de 0.2 km<sup>2</sup>.

Estas actividades son buenas para el desarrollo de la localidad, pues aportan una fuente de empleo estable para la localidad, pero al mismo tiempo se tiene problemas por la contaminación que generan en sus procesos debido a que sus vertidos industriales luego de ser tratados son derramados directamente a los cauces hídricos ocasionando una contaminación puntual, a más de las molestias producidas por el ruido y material particulado que produce la elaboración de cemento.

- Residencia.

El aumento de la zona residencial es un problema necesario en la actualidad, el constante crecimiento de la población así lo amerita, actualmente el casco urbano de la ciudad de Azogues se ha extendido hasta la parte baja de la microcuenca cambiando totalmente el uso de suelo y generando nuevas fuentes de contaminación.

En la microcuenca se dan dos tipos de contaminación puntual y difusa.

El primer caso es ocasionado por el vertido directo de las aguas negras al recurso hídrico, el segundo porque el sistema de alcantarillado con el que cuentan no cubre toda la zona de estudio, obligándolos a utilizar un sistema de pozos sépticos que con el tiempo causa contaminación al suelo y agua.

- Tipo de contaminación (puntual o difusa) según la actividad productiva.

La contaminación difusa es ocasionada por actividades como la producción agrícola, ganadera, silvícola, cultivos de pasto de forraje y residencial que se dan en las partes alejadas de los cauces o fuentes hídricas.

La morfología es un factor importante a considerar dentro de este tipo de contaminación puesto que la microcuenca cuenta con pendientes mayores a 15°, lo que ocasiona en épocas lluviosas el arrastre de contaminantes porque las propiedades físicas del suelo están alteradas y no cuentan cobertura vegetal.

La contaminación puntual se ve reflejada cuando el recurso hídrico es afectado de manera directa por los diferentes contaminantes como estiércol, orines, fertilizantes y descargas de aguas negras o tratadas mismos que se generan en la producción agrícola, ganadera, industrial y residencial que se desarrollan junto al sistema fluvial de la microcuenca.

- Incidencia de la contaminación de las actividades productivas al recurso hídrico.

Utilizando la guía metodológica para la evaluación de impactos ambientales establecida por Conesa Fernández Vítora, luego de generar el inventario de actividades antrópicas se procedió a realizar la matriz de identificación de impactos (Figura 7), matriz de importancia de impactos (Figura 8) y la matriz de jerarquización de impactos (Figura 9), donde se pudo obtener los siguientes resultados (Figura 33), 23%, compatible representado por el color amarillo; 51%, moderado representado por el color verde; 8% severo representado por el color morado; 0%, crítico representado por el color rojo; 18%, impactos positivos representados por el color naranja.

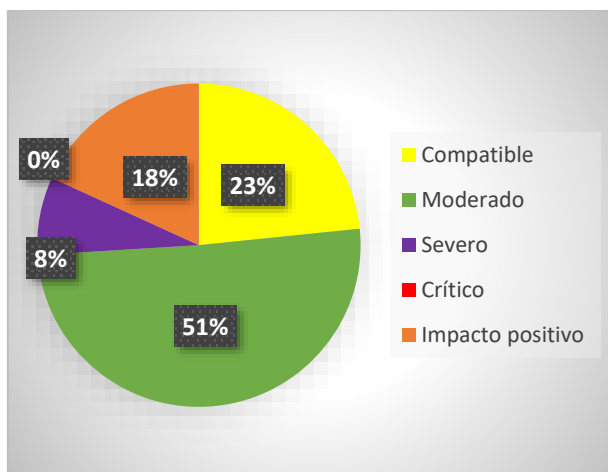


Figura 33. Incidencia de la contaminación al recurso hídrico.  
Elaboración. Propia 2017.

La incidencia de las actividades productivas sobre el recurso hídrico genera un impacto negativo que va desde una jerarquización compatible con aquellas que se desarrollan en

lugares que no cuentan con pendientes pronunciadas y están distantes de las fuentes hídricas, seguido por una alteración moderada ocasionada por la contaminación difusa de actividades que se desarrollan en zonas con pendientes pronunciadas, cambiando a severa por la afectación puntual que se da en los márgenes hídricos de la microcuenca.

Se tomó en cuenta como incidencia positiva a toda actividad que genera fuentes de empleo.

- Mapas temáticos

Las figuras 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 y 17 fueron generadas a partir de la caracterización morfométrica de la microcuenca del río Tabacay, las cuales cuentan con información de tipo raster y vectorial mismas que pueden ser utilizadas según nuestro interés.

La figura 18 cuenta con información detallada del tipo de uso de suelo, la superficie que emplean las actividades antrópicas y las zonas sin intervención de la microcuenca del río Tabacay, donde se obtuvieron los siguientes datos (Tabla 12).

*Tabla 12. Actividades antrópicas.*

<b>Tipo de uso de suelo</b>	<b>Área (km<sup>2</sup>)</b>
Plantación forestal	12.06
Pastizal	39.25
Páramo	4.78
Mosaico agropecuario	1.04
Bosque nativo	3.19
Áreas pobladas	1.18
Área sin cobertura vegetal	0.23
Vegetación arbustiva	0.98
Cultivo anual (papas, maíz)	4.06

*Elaboración. Propia. 2017.*

Según la información de la tabla anterior muestra que la plantación forestal actualmente ocupa un área de 12.06 km<sup>2</sup>, pastizal 39.25 km<sup>2</sup>, páramo 4.78 km<sup>2</sup>, mosaico agropecuario 1.04 km<sup>2</sup>, bosque nativo km<sup>2</sup>, área poblada 1.18 km<sup>2</sup>, área sin cobertura vegetal 0.23 km<sup>2</sup>, vegetación arbustiva 0.98 km<sup>2</sup>, cultivo anual 4.06 km<sup>2</sup>.

Una vez concluidos los mapas temáticos se obtuvo una gran variedad de información referente a la microcuenca del río Tabacay con la cual se pudo estimar que hasta el año 2016 se cuenta con 976 viviendas distribuidas en diferentes centros poblados que son interconectados por un sistema vial de primero, segundo y tercer orden.

Además, se determinó el riesgo potencial de degradación del suelo según su pendiente y profundidad, predominando los riesgos de erosiones poco alto (PA) correspondiente a 36.34 km<sup>2</sup> y muy alto (MA) con 14.57 km<sup>2</sup>.

También se estimó el área que puede ser afectada por la contaminación puntual (18.46 km<sup>2</sup>) y difusa (43.47 km<sup>2</sup>), producto de las zonas residenciales.

Al analizar la cobertura vegetal y las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca se pudo estimar los posibles focos de contaminación difusa y a su vez determinar el área de bosque de ribera (1.93 km<sup>2</sup>) que debe existir como medio de protección para el sistema fluvial.

Adicional a esto mediante el análisis de ortofotos e imágenes satelitales se pudo estimar el NDVI el cual nos permite conocer el estado real del uso del suelo de la microcuenca.

## CAPÍTULO 5

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Con relación al primer objetivo se pudo realizar el levantamiento de información de las actividades antrópicas que se desarrollan en la microcuenca del río Tabacay donde el 37.63% corresponde a la ganadería, el 32.26% a la agricultura, el 16.13% a la silvicultura, el 12.9% a la zona residencial y el 1.08% a la zona industrial.

En el segundo objetivo se determinó que la contaminación puntual dentro de la microcuenca del río Tabacay se genera por las actividades industriales, ganaderas, agrícolas y residenciales que están ubicadas junto al margen del sistema fluvial, correspondiente al 27.54% del total del territorio de la microcuenca. La contaminación difusa afecta al 65.04% del territorio de la microcuenca misma que es producto de las actividades ganaderas, agrícolas, residenciales y silvícolas, esto se debe a los cambios sustanciales del ciclo hidrológico, uso de suelo y morfología del terreno.

En el tercer objetivo y de acuerdo al análisis de las ortofotos de la microcuenca del río Tabacay sobre el uso del suelo se determinó el área que ocupan las zonas de páramo, bosque nativo, sin cobertura vegetal y vegetación arbustiva es de 8.95 km<sup>2</sup> que representa el 13.4% del área total, mientras que las zonas con plantación forestal, pastizal, mosaico agropecuario, áreas pobladas y cultivo anual (papas, maíz) cubren el resto del área que corresponde a los 57.9 km<sup>2</sup> que es el 86.6% del territorio.

En el cuarto objetivo se realizaron los mapas temáticos de curvas de nivel a 20 m de separación entre ellas, TIN que cuenta con las alturas sobre el nivel del mar, MDE que tiene información de la ubicación geográfica y alturas de cada punto de la zona de estudio, red de drenaje con su respectivo orden de cuenca hídrica, acumulación de flujo representado por la red hídrica, puntos de drenaje de la unión y desembocadura de cada uno de los órdenes de la microcuenca, pendientes clasificadas en 6 rangos, profundidad del suelo estimada a partir de las distintas coberturas vegetales, riesgos potenciales de degradación y uso real del suelo en los últimos 4 años.

Se determinó que en la actualidad del 100% de actividades que se desarrollan en la microcuenca del río Tabacay la ganadería, agricultura y residencia generan contaminación puntual y difusa al recurso hídrico que corresponde al 66.66%, mientras que la actividad industrial ocasiona afectación puntual en un 11.11% y los cultivos de pastos de forraje y silvicultura una alteración difusa del 22.22%.

## **5.2. Recomendaciones**

Realizar un estudio a profundidad para determinar cuál es el porcentaje de contaminantes que llegan al recurso hídrico provenientes de las diferentes actividades antrópicas que se realizan en la microcuenca del río Tabacay.

Proponer a los ganaderos del lugar la implementación de un sistema de bebederos para sus animales con el fin de evitar la contaminación puntual al recurso hídrico.

Establecer un plan de manejo integral de la microcuenca del río Tabacay.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Martinez, A. A. (2007). Manual Basico Para El Analisis De Una Cuenca, 16. Retrieved from [http://n2t1.files.wordpress.com/2007/10/manual\\_basico\\_analisis\\_cuenca.pdf](http://n2t1.files.wordpress.com/2007/10/manual_basico_analisis_cuenca.pdf)
- Al, G. V. I. D., Sierras, L., Aragonesas, E., Axial, P., Meteorol, C., Jobbágy, E. G., ... Iroume, A. (2012). Caracterización de las cuencas. *Revista de La Asociación Geológica Argentina*, 13(1945), 16–22. Retrieved from [http://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/tercer\\_ent/estudio\\_causas\\_colapso\\_algunos\\_puentes.pdf%5Cnhttp://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25777](http://tycho.escuelaing.edu.co/contenido/encuentros-suelosyestructuras/documentos/tercer_ent/estudio_causas_colapso_algunos_puentes.pdf%5Cnhttp://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/25777)
- Bateman-, A., Camacho, A., Toro, M., Elozegi, A., Sabater, S., Ollero, A., & GAMA. (2009). El ciclo hidrológico. *Grupo de Investigación En Transporte de Sedimentos*, (1923), 16. Retrieved from [http://www.floodup.ub.edu/hidro/%5Cnhttp://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn\\_fichas\\_be\\_agua\\_dulce.aspx](http://www.floodup.ub.edu/hidro/%5Cnhttp://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/red-natura-2000/rn_fichas_be_agua_dulce.aspx)
- Branthomme, A., Altrell, D., Kamelarczyk, K., & Saket, M. (2009). Manual para la recolección integrada de datos de campo, 216.
- Bravo-Velásquez, E. (2014). *La biodiversidad en el Ecuador. Igarss 2014, Universidad Politécnica Salesiana*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Clara, M., & Rodríguez, O. (2011). Tipos o Clases de Fichas bibliográficas.
- Conesa Fernández , V. (2010). Guía metodológica para la evaluación del impacto ambiental. España: MUNDI-PRENSA.
- Cortés, M. E. C., & León, M. I. (2004). Generalidades sobre Metodología de la Investigación Generalidades sobre Metodología de la Investigación. *Universidad Autónoma Del Carmen, Campeche*,(Primera Edición), 1–105.
- Desarrollo, S. N. (2014). *buenvivir Plan Nacional 2013-2017*. Obtenido de <http://www.buenvivir.gob.ec/agendas-zonales>
- Descripción y Corrección de Productos Landsat 8 LDCM ( Landsat Data Continuity Mission ). (n.d.).
- esri. (2012). Obtenido de <http://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000s000000.htm>
- FAO. (2007). Manual de estudio y planificación de cuencas de montaña. Guatemala: Infoagro.
- Gobierno Autónomo Descentralizado Provincial de Cañar. (2015). Plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la provincia de Cañar. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- González, S. (2007). Contaminación difusa de las aguas. *Inia - Tierra Adentro, Noviembre*(figura 2), 21–25. Retrieved from <d:%5CRICCLISA%5C2016%5CReferencias>
- González, L. F. (22 de 10 de 2007). eudeka. Obtenido de <http://eduteka.icesi.edu.co/modulos/1/3/>
- Guerrero, O. (2002). Capítulo 4 Geomorfología de Cuencas. Retrieved from [http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4\\_Geomorfologia.pdf](http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/oguerre/4_Geomorfologia.pdf)
- GRAFCAN. (2015). Obtenido de <https://www.grafcan.es/mapas-tematicos>

- GRAFCAN. (2016). Obtenido de <https://www.grafcan.es/ortofotos>
- Hidrología-UJCV. (2011). Obtenido de <http://hidrologia-ujcv.blogspot.com/2011/06/parte-aguas-o-linea-divisoria-de-las.html>
- ligs-Eo. (2004). Metodologías para el Levantamiento del Recurso Suelo. *International Institute for Geo-Information Science & Earth Observation (ITC)*, 145. Retrieved from <http://www.itc.nl/~rossiter>
- INEGI. (1999). Aspectos técnicos de las imágenes Landsat. *Dirección General de Geografía Y Medio Ambiente de México*. Retrieved from [http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos\\_tecnicos\\_de\\_imagenes\\_landsat.pdf](http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/imgpercepcion/imgsatelite/doc/aspectos_tecnicos_de_imagenes_landsat.pdf)
- Irons, J. R. (11 de 02 de 2013). NASA Landsat Science . Obtenido de <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-8/>
- López-Lara, E., Posada-Simeón, C., & Moreno-Navarro, J. G. (1990). Los sistemas de información geográfica. *1 Congreso de Ciencia Regional de Andalucía: Andalucía En El Umbral Del Siglo XXI*, 789–804.
- Luis, E. (2007). Contaminación del agua. *Universidad de Navarra*, 26.
- Luis-Fernández, G. (2012). Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Tema 5. Contaminación de las aguas.
- Luis, J., Gárate, A., & Monzón, M. C. P. (2009). Sistemas de Información Geográfica Gestión Integral del Litoral Gestión Integral del Litoral.
- Manual de Fauna del área del Multipropósito Baba. (2015). Pág. 1, 1–51.
- Nasa TERRA. (2017). Obtenido de <https://terra.nasa.gov/about/terra-instruments/modis>
- Observatorio de Territorios Étnicos. (2014). Sistema de Información Geográfica. Retrieved from <http://mig.etnoterritorios.org/map.phtml>
- Olaya, V. (2014). Sistemas de información geográfica, 814. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. Retrieved from [http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm\\_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca\\_hidrologica.pdf](http://www.gwp.org/Global/GWP-SAm_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf)
- Por, T., & García-Courel, J. M. (2015). *El mundo de los mapas*. <https://doi.org/10.7419/162.06.2015>
- Reads, C. (2014). *Degradación del Suelo, causas, procesos, evaluación e investigación* (Vol. 2).
- Sarria, F. A. (2006). Sistemas de Información Geográfica. *Universidad de Murcia*, 239.
- Real Academia Española . (2014). Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=LIJeGAq>
- Segovia, E. U. D. E. M. D. E., En, G., Infantil, E., Dra, T., Sofía, D., & Greñu, D. De. (1900). Evolución De La Educación Pública En España Entre 1750 Y 1900 Alumna : María Barrero Gozalo, 0–32.
- Tamayo, M. (2004). *Aprender A Investigar Módulo 5. Aprender a Investigar*.
- Umaña Gómez, E. (2002). Taller de Capacitación: Educación Ambiental con enfoque en manejo y prevención de desastres. Modulo: Manejo de Cuencas hidrográficas y protección de Fuentes de agua., 26.



## ANEXOS

Anexo 1: Fotos obtenidas de las diferentes salidas de campo que se realizaron en la microcuenca del río Tabacay, donde se puede observar las principales actividades antrópicas que se desarrollan, la ausencia de bosques de ribera y el equipo de trabajo.



*Foto 1.* Actividad ganadera en la parte alta de la microcuenca. 2017.



*Foto 2.* Ausencia del bosque de ribera en la red hídrica de la microcuenca. 2017.



Foto 3. Grupo de salida de campo para reconocimiento de la zona de estudio. 2017.



Foto 4. Contaminación puntual al recurso hídrico por la actividad ganadera. 2017.



*Foto 5.* Contaminación puntual al recurso hídrico por la actividad agrícola. 2017.



*Foto 6.* Contaminación difusa al recurso suelo por la actividad ganadera. 2017.

Anexo 2: Ficha de campo utilizada para la toma de datos in situ en la microcuenca del río Tabacay.

**DATOS GENERALES**

<b>LUGAR y FECHA</b>	Cerro Abuga 2-12-2016		<b>SUPERVISOR</b>	Ing. Polibio Martínez	
<b>COORDENADAS</b>	X: 741434	Y: 9698952	<b>RESPONSABLE</b>	Luis Astudillo	
<b>ALTURA(msnm)</b>	3092				
<b>MICROCUEENCA</b>	Alta (> 3000 m) <input checked="" type="checkbox"/>	Media (entre 2500 m y 3000 m) <input type="checkbox"/>	Baja ( entre 2000 m y 2500 m) <input type="checkbox"/>	<b>N° FICHA</b>	1

**DATOS DE LA ZONA**

<b>ACTIVIDAD PRODUCTIVA</b>	Agricultura y ganadería	<b>TIPO DE CONTAMINANTE</b>	Agrícola, ganadera y residencial	<b>INSIDENCIA</b>	Alta <input type="checkbox"/> Media <input checked="" type="checkbox"/> Baja <input type="checkbox"/>
<b>PROXIMIDAD A INFRAESTRUCTURAS</b>	Carreteras <input checked="" type="checkbox"/> Vivienda/as <input checked="" type="checkbox"/> Infraestructuras públicas <input checked="" type="checkbox"/>	<b>OCUPACIÓN DEL SUELO</b>	Agrícola <input checked="" type="checkbox"/> Ganadero <input checked="" type="checkbox"/> Industrial <input type="checkbox"/> Residencial <input checked="" type="checkbox"/> Otro <input type="checkbox"/>	<b>CUERPO DE AGUA AL QUE AFECTA</b>	Río/arroyo <input checked="" type="checkbox"/> Fuente <input type="checkbox"/> Lago <input type="checkbox"/> Presa <input type="checkbox"/> /embalse <input type="checkbox"/>
<b>DEGRADACIÓN/ EROSIÓN DE LA TIERRA</b>	No está visiblemente degradada <input type="checkbox"/> erosionada <input type="checkbox"/>	Ligeramente degradada <input type="checkbox"/> Moderadamente degradada <input checked="" type="checkbox"/>	Gravemente degradada <input type="checkbox"/>	<b>PRESIÓN SOBRE EL AGUA</b>	Ninguna <input type="checkbox"/> Baja <input checked="" type="checkbox"/> Media <input type="checkbox"/> Alta <input type="checkbox"/>
<b>FLORA PREDOMINANTE</b>	Remanentes de bosque nativo / eucalipto		<b>FAUNA PREDOMINANTE</b>	Ganado bovino	

**OBSERVACIONES**

<p>Mal manejo de residuos sólidos producidos. Falta de cultura en la población que visita la microcuenca. El área está parcialmente deforestada para dar paso a actividades ganaderas y agrícolas</p>
---

Figura 34. Ficha con datos del levantamiento de información in situ. 2017.