



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

“ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LAS
FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS”

TRABAJO DE TITULACIÓN PARA OBTENER EL TÍTULO DE INGENIERA
EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES

AUTORA:

Andrea Lissethe Montesdeoca Portilla

DIRECTOR:

Ing. Oscar Armando Rosales Enríquez, MSc.

Ibarra, 2022



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS AGROPECUARIAS Y
AMBIENTALES

**CERTIFICACIÓN TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE
TITULACIÓN**

Ibarra, 4 de abril del 2022

Para los fines consiguientes, una vez revisado el documento en formato digital del trabajo de titulación: "ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LAS FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLA", de autoría de la señorita Andrea Lissethe Montesdeoca Portilla estudiante de la Carrera de **INGENIERÍA RECURSOS NATURALES RENOVABLES** el tribunal tutor **CERTIFICAMOS** que la autora ha procedido a incorporar en su trabajo de titulación las observaciones y sugerencia realizadas por este tribunal.

Atentamente,

TRIBUNAL TUTOR

FIRMA

Ing. Oscar Rosales, MSc.
DIRECTOR TRABAJO TITULACIÓN

Dra. Patricia Aguirre (PhD)
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TITULACIÓN

Ing. Santiago Cabrera, MSc.
MIEMBRO TRIBUNAL TUTOR TRABAJO DE TRITULACIÓN

Misión Institucional:

Contribuir al desarrollo educativo, científico, tecnológico, socioeconómico y cultural de la región norte del país. Formar profesionales críticos, humanistas y éticos comprometidos con el cambio social.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1003070099		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Montesdeoca Portilla Andrea Lissethe		
DIRECCIÓN:	Av. Tahuando 2-12 y Yasuní		
EMAIL:	almontesdeocap@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:		TELÉFONO MÓVIL:	0991352643

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LAS FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS
AUTORA:	Montesdeoca Portilla Andrea Lissethe
FECHA:	04/04/2022
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Recursos Naturales Renovables
ASESOR /DIRECTOR:	Ing. Oscar Rosales, MSc.

2. CONSTANCIAS

La autora manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto la obra es original y que es la titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de la misma y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, a los 04 días del mes de abril de 2022

LA AUTORA:

.....
Andrea Lissethe Montesdeoca Portilla
C.I: 1003070099

AGRADECIMIENTO

Primeramente, agradezco a Dios, por su amor y bondad infinita, por darme la fortaleza y sabiduría para poder culminar esta etapa de mi vida.

Al Ing. Paúl Arias, MSc, quien fue mi director durante la mayor parte de este trabajo de titulación; por su paciencia y apoyo incondicional para el desarrollo de la investigación.

A mi director, el Ing. Oscar Rosales, MSc, por haberme brindado su ayuda y conocimientos con buena voluntad y gentileza. A mis asesores, la Dra. Patricia Aguirre, por haberme permitido ser parte del proyecto de investigación y al Ing. Santiago Cabrera, MSc, por sus oportunas correcciones.

Lissethe M.

DEDICATORIA

A Dios, por ser mi fortaleza para continuar adelante y no desfallecer ante los problemas, por siempre darme claridad para superar las adversidades.

A mis abuelitos, por sus sabios consejos y haberme enseñado buenos valores. Los llevo siempre en mi corazón...

A mi madre, por sus sacrificios y brindarme la fuerza necesaria para alcanzar esta meta tan importante en mi vida.

Lissethe M.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Revisión de antecedentes.....	1
1.2. Problema de investigación y justificación.....	5
1.3. Objetivos	7
1.3.1. Objetivo general	7
1.3.2. Objetivos específicos	7
1.4. Pregunta directriz	7
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA	8
2.1. Marco teórico referencial	8
2.1.1. Gestión integrada del recurso hídrico	8
2.1.2. Cuenca hidrográfica	8
2.1.3. Manejo integral de las cuencas hidrográficas	8
2.1.4. Microcuenca hidrográfica	9
2.1.5. Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica.....	9
2.1.6. Conservación y protección del recurso hídrico.....	14
2.1.7. Planificación estratégica.....	16
2.2. Marco legal.....	19
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA	21
3.1. Caracterización del área de estudio.....	21
3.1.1. Diagnóstico del medio físico de la microcuenca.....	22
3.1.2. Diagnóstico social de la microcuenca	23
3.2. Métodos.....	25
3.2.1. Fase I: Caracterizar la microcuenca	27

3.2.2. Fase II: Definición de las áreas de protección en las fuentes de agua	32
3.2.3. Fase III: Elaboración de lineamientos técnicos para la protección de las fuentes de agua.....	33
3.3. Materiales y equipos	42
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. Caracterización de la microcuenca con énfasis en las fuentes de agua.....	43
4.1.1. Recurso hídrico de la microcuenca del río Escudillas	43
4.1.2. Morfometría de la microcuenca del río Escudillas	44
4.1.3. Identificación y georreferenciación de las fuentes de agua de la microcuenca	46
4.1.4. Aforo de las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas	49
4.2. Definición de las áreas de protección hídrica en la microcuenca	50
4.2.1. Delimitación de las áreas de influencia de las fuentes de agua para uso doméstico y de riego	50
4.3. Lineamientos técnicos para la protección de las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas.....	52
4.3.1. Análisis de la caracterización física de la microcuenca	52
4.3.2. Lineamientos para la protección de las fuentes de agua	61
CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	73
5.1. Conclusiones	73
5.2. Recomendaciones.....	74
5.2.1. Recomendaciones dirigidas a las instituciones gubernamentales:	74
5.2.2. Recomendaciones dirigidas a las organizaciones sociales:.....	74
5.2.3. Recomendaciones dirigidas a la academia:.....	74
REFERENCIAS	75
Anexos	88
Anexo 1. Cronograma de salidas de campo.	88

Anexo 2. Tabla de concesiones del recurso hídrico dentro de la Microcuenca del río Escudillas.	89
Anexo 3. Registro fotográfico.....	93
Anexo 4. Mapas temáticos	98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Parámetros de forma	10
Tabla 2. Parámetros de drenaje	12
Tabla 3. Parámetros de relieve	14
Tabla 4. Principios de la planificación estratégica	16
Tabla 5. Comunidades dentro de la microcuenca del río Escudillas.....	24
Tabla 6. Comunidades beneficiarias del recurso hídrico dentro de la microcuenca	27
Tabla 7. Características de la estación meteorológica San Gabriel.....	29
Tabla 8. Definición de la escala para el establecimiento de lineamientos técnicos	33
Tabla 9. Riesgo de erosión según la pendiente	35
Tabla 10. Riesgo de erosión según la profundidad	35
Tabla 11. Clasificación del riesgo potencial de degradación del suelo.....	36
Tabla 12. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente y microrelieve	37
Tabla 13. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la textura del suelo	38
Tabla 14. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca	39
Tabla 15. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de uso de suelo	40
Tabla 16. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de cobertura vegetal	41
Tabla 17. Rangos de posibilidad de recarga hídrica.....	42
Tabla 18. Materiales y equipos	42
Tabla 19. Fuentes de agua seleccionadas en la microcuenca del río Escudillas ..	47
Tabla 20. Caudales de las principales vertientes de uso doméstico	49
Tabla 21. Caudales de las fuentes de agua para riego	50
Tabla 22. Acciones dirigidas a la conservación de las fuentes de agua	64
Tabla 23. Acciones dirigidas a la preservación de las fuentes de agua.....	66
Tabla 24. Acciones para la restauración de zonas degradadas por actividades agropecuarias.....	69

Tabla 25. Acciones para el uso adecuado de cultivos y pastizales en la microcuena
..... 72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Normativa legal de la investigación relacionada a las áreas de protección hídrica en el Ecuador.....	20
Figura 2. Ubicación geográfica de la microcuenca del río Escudillas	21
Figura 3. Diagrama de flujo de las fases de estudio.....	26
Figura 4. Polígonos de Thiessen de la microcuenca del río Escudillas	28
Figura 5. Diagrama Ombrotérmico de la microcuenca del río Escudillas	30
Figura 6. Aforo con método volumétrico en la fuente de agua de Monte Olivo “El Manantial”	31
Figura 7. Aforo con moliente en el canal de Riego Monte Olivo-San Rafael	32
Figura 8. Red hídrica de la microcuenca del río Escudillas.....	44
Figura 9. Jerarquización de la red hídrica de la microcuenca del río Escudillas .	46
Figura 10. Ubicación de las fuentes de agua seleccionadas en la microcuenca del río Escudillas.....	48
Figura 11. Área de influencia para las fuentes de agua de uso doméstico en la microcuenca del río Escudillas.....	51
Figura 12. Áreas de influencia de las fuentes de agua superficiales en la microcuenca del río Escudillas.....	52
Figura 13. Uso de suelo en la microcuenca del río Escudillas.....	53
Figura 14. Variables para el riesgo potencial de degradación del suelo en la microcuenca del río Escudillas.....	55
Figura 15. Riesgo Potencial de Degradación del suelo de la microcuenca del río Escudillas	56
Figura 16. Variables para el potencial de recarga hídrica de la microcuenca del río Escudillas	60
Figura 17. Potencial de Recarga Hídrica de la microcuenca del río Escudillas...	61
Figura 18. Zonificación de lineamientos para la protección de las fuentes de agua en la microcuenca del río Escudillas	62

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

ESTABLECIMIENTO DE LAS ÁREAS DE PROTECCIÓN EN LAS FUENTES
DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Andrea Lissethe Montesdeoca Portilla.

RESUMEN

La degradación de las fuentes de agua afecta negativamente el abastecimiento del recurso hídrico, que es amenazado por prácticas agrícolas, ganaderas y forestales inadecuadas, además de la creciente demanda y su continua mala gestión, por eso la importancia de conservar y proteger el agua mediante acciones que permitan mejorar las condiciones de uso y aprovechamiento. En el presente estudio se determinó las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas y se estableció lineamientos que permitan su preservación. La caracterización de la microcuenca indicó que el área de estudio tiene una tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento, siendo más susceptible a la erosión. Además, se identificó y georreferenció las principales fuentes de agua, considerando caudal asignado (l/s), las comunidades a las que abastece y criterios de accesibilidad a la fuente. El aforo de caudales de las fuentes subterráneas de uso doméstico permitió conocer que en la época lluviosa son medianamente altos y se encuentran en el rango de 1.01 a 2.28 l/s, mientras que las captaciones de agua superficial que abastecen a los canales de riego permanecen cerradas debido a las fuertes precipitaciones. Se establecieron tres áreas de protección hídrica: la primera, para las vertientes subterráneas de uso doméstico, la segunda, para la concesión a nombre de la antigua CORSINOR y la tercera, para el canal de riego “Monte Olivo-San Rafael”, con una superficie de 20, 16 y 15 km², respectivamente. Finalmente, se establecieron lineamientos técnicos enfocados en: i) Conservación de las fuentes de agua, ii) Preservación de las fuentes de agua, iii) Restauración de zonas degradadas por actividades agropecuarias, y iv) Uso adecuado de cultivos y pastizales; que permitan un manejo integral de las fuentes de agua y así garantizar su permanencia en el futuro.

Palabras clave: área de protección hídrica, fuentes de agua, lineamientos de protección, recurso hídrico.

ABSTRACT

The degradation of water sources adversely affects the supply of water resources, which is threatened by inadequate agricultural, livestock and forestry practices, in addition to the growing demand and its continuous mismanagement, for this reason, the importance of conserving and preserving water through actions that allow improving use and exploitation conditions. In the present study, the protection areas in the water sources of the Escudillas basin were determined and guidelines were established that allow their preservation. The basin characterization indicated that the study area has a tendency to concentrate large volumes of runoff water, being more susceptible to erosion. In addition, the main water sources were identified and georeferenced, considering the assigned flow (l/s), the communities it supplies, and accessibility criteria to the source. The flows capacity of the underground sources for domestic use allowed to know that in the rainy season they are moderately high and are in the range of 1.01 to 2.28 l/s, while the surface water intakes that supply the irrigation canals remain closed due to heavy rainfall. Three water protection areas were established: the first, to underground springs of domestic use, the second, to the concession in the name of the former CORSINOR, and the third, for the “Monte Olivo - San Rafael” irrigation canal, with a surface of 20, 16 and 15 km², respectively. Finally, technical guidelines were established focused on: i) Conservation of water sources, ii) Preservation of water sources, iii) Restoration of degraded areas due to agricultural activities, and iv) Proper use of crops and pastures; that allow an integral management of water sources and thus guarantee their permanence in the future.

Key words: preserving guidelines, water protection area, water sources, water resource.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Revisión de antecedentes

El estudio del recurso hídrico es necesario para comprender el impacto de las actividades antropogénicas en la calidad y cantidad de las aguas superficiales y subterráneas. Mientras el agua dulce siga siendo considerada como uno de los recursos más importantes, su suministro estará amenazado por la falta de estrategias de gestión adecuadas, como los planes de Protección de Fuentes de Agua (SWP, del inglés Source Water Protection) (Cyr-Gagnon y Rodriguez, 2018).

En las últimas décadas, se han realizado varios esfuerzos para proteger las fuentes de agua en América del Norte (CCME, 2004). En los Estados Unidos, la SWP llegó a la vanguardia en 1969, como resultado de un derrame industrial en el río Cuyahoga en Cleveland (Swichtenberg, 2003), lo que condujo al establecimiento de la Ley de Agua Potable en 1974. Después ocurrió la tragedia en la ciudad de Milwaukee en 1993, ocasionada por el ineficaz proceso de tratamiento de agua potable en el sistema de abastecimiento, suceso que fue el protagonista para la enmienda de esta Ley en 1996, misma que exigía a los estados que desarrollen programas de evaluación y protección de fuentes de agua (Lea et al., 2010).

En Canadá, la SWP llegó a la atención pública en el 2000, cuando el suministro de agua potable para la ciudad de Walkerton en Ontario se contaminó dejando a varias personas enfermas (O'Connor, 2002), y más adelante en el año 2001 en North Battleford-Saskatchewan, miles de personas enfermaron por un parásito que se filtró en el sistema de saneamiento del agua potable (Jameson, Hung, Kuo y Bosela, 2008). Estos incidentes llevaron a la creación de una legislación enfocada en la protección de fuentes de agua, la que se estructuró considerando un enfoque multi-barreras (Laing, 2002). Estas deben visualizarse como una secuencia de procesos que previenen la contaminación a través de diferentes tratamientos (barreras) hasta asegurar un agua de excelente calidad (Patrick, 2005). El propósito del enfoque de barreras múltiples aplicado por el gobierno de Canadá tiene como objetivo reducir las amenazas que existen para el recurso hídrico desde la fuente al consumidor

(CCME, 2004). Los gobiernos enfrentan considerables desafíos al momento de implementar estrategias para la SWP, un componente clave de la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (IWRM, del inglés Integrated Water Resources Management) y el primer componente del enfoque multibarrera (CCME, 2004).

La protección de las fuentes de agua ha sido un factor clave en el progreso socioeconómico y las actividades de protección ambiental en muchos países (Huang et al., 2010; Lea et al., 2010; Wang y Yu, 2014; Marshall et al., 2018), además es reconocida como uno de los componentes más importantes a la hora de establecer políticas orientadas a alcanzar el desarrollo sostenible (Loukas, Mylopoulos y Vasiliades, 2007). La legislación de agua está evolucionando rápidamente hacia una planificación integrada para satisfacer objetivos ambientales, requerimientos económicos y preocupaciones sociales (Solanes y González-Villarreal, 1996). En Europa, esto se refleja en la tendencia a implementar un doble nivel en gestión de recursos de agua: un nivel regional para planes de cuencas hídricas, aplicación de leyes y políticas de incentivos, y por otro lado un nivel local para operación de servicios, y para la implementación de políticas innovadoras, como hidrología urbana (Diario Oficial de la Unión Europea, 2000).

Los territorios de las cuencas hidrográficas en su mayoría presentan superficies de gran extensión; por tanto, las estrategias de SWP pueden entrar en conflicto con los usos de la tierra existentes, la planificación regional y los marcos económicos (Bates, 2012). Entender los cambios e interacciones entre los patrones del paisaje y el uso de suelo/cobertura vegetal en las Áreas de Protección de las Fuentes de Agua Potable (DWSPAs, del inglés Drinking Water Source Protection Areas) es importante para un manejo adecuado del suelo y así, asegurar la sostenibilidad en el paisaje y la protección de la calidad del agua (Wang et al., 2019).

En el reservorio Danjiangkou ubicado en China, se estudió la relación espacio-temporal entre los patrones del paisaje y el uso de suelo/cobertura vegetal durante un período de 15 años. Los resultados del análisis demostraron la disminución de las tierras de cultivo y los cuerpos de agua, además del dramático incremento de los terrenos urbanizados. Esto indica que la variación en los patrones del paisaje, el

cambio de uso de suelo y la relación espacio-temporal son sumamente importantes para el desarrollo de futuras políticas de planificación del uso de suelo y actividades ambientales, reduciendo así el riesgo de contaminación del agua potable (Al Ibrahim y Patrick, 2017).

Según el informe del agua de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) (WWAP, 2017), se conoce que los recursos hídricos en los países de bajos ingresos económicos son más vulnerables por la liberación incontrolada de aguas residuales no tratadas, que causan la contaminación de aguas superficiales y subterráneas. Para minimizar la contaminación del agua subterránea, es necesario desarrollar conceptos eficientes de tratamiento y reutilización de aguas residuales (Kemper, 2004; Van Afferden et al., 2010; WWAP, 2017). Esto se puede ejemplificar tomando el caso de Jordania, donde las plantas de tratamiento de agua residuales se ubican en áreas urbanas, lo que deja de lado a los asentamientos suburbanos y rurales que no están conectados a esas instalaciones centrales y tampoco tienen la alternativa de un tratamiento debido a su alto costo (NICE, 2015). De esta forma se liberan aguas residuales que ponen en peligro los recursos hídricos subterráneos (Grimmeisen et al., 2017) principal fuente de agua potable de la mayoría de los países semi-áridos, lo que demuestra que las medidas preventivas son más accesibles y rentables que los intentos para revertir la contaminación del agua subterránea (Kemper, 2004; GWP, 2014).

La protección ambiental para los recursos de aguas subterráneas en Egipto se descuidó hasta principios de los años noventa. Desde entonces, los esfuerzos de protección han ido ganando impulso. Se crearon medidas para su preservación, como el establecimiento del Sector de Aguas Subterráneas y el Instituto de Investigación de Aguas Subterráneas. Estas enfrentan varios desafíos para la delimitación de las Áreas de Protección de Pozos (WHPAs, del inglés Wellhead Protection Areas) para lo que están utilizando varios métodos o enfoques (Fadlelmawlal y Dawoud, 2005). La conservación de la calidad de los recursos hídricos subterráneos es importante (Foster et al., 2013). En especial, en áreas áridas donde el agua subterránea generalmente tiene baja calidad (Azarnivand y Chitsaz, 2015).

Las áreas superficiales y subterráneas que rodean un pozo de agua subterránea se conocen como Áreas de Protección de Pozos, estas suministran agua a un sistema público, por lo que la delimitación de WHPAs es importante para proteger directamente y de manera segura e inmediata el recurso hídrico con fines domésticos. Existen dos enfoques para la protección de las aguas subterráneas: la protección del acuífero y también la de boca del pozo (Kovar y Krásný, 1995; Foster et al., 2000, 2002). Las áreas de protección de los acuíferos tienen en cuenta todo el recurso de agua subterránea: tanto las aguas del suministro existente como el de las áreas potenciales. Mientras que, las WHPAs son áreas que se presentan como subconjunto del acuífero, a través de las cuales es posible que fluyan los contaminantes y lleguen al pozo. Entonces, la protección del acuífero se basa en un enfoque más integral en relación a la boca del pozo (Van den Boogaard et al., 1993).

En Eslovenia la principal fuente de agua potable es de origen subterráneo, debido a su cercanía con Los Alpes y a sus grandes depresiones aluviales. A nivel nacional existen 1500 sistemas de suministro de agua, la mayoría de ellos están dentro de zonas de protección de agua potable. En varias regiones las zonas de protección de agua potable son tan grandes, que en conjunto alcanzan aproximadamente el 20 % del territorio esloveno (Brenčič et al., 2009).

En Colombia, el Fondo Patrimonio Natural implementó programas y en alianza con algunas organizaciones trabajan de la mano con las comunidades rurales para mantener y mejorar el agua del departamento de Cundinamarca, y así conservar 196 fuentes hídricas de las que se abastecen los acueductos urbanos, rurales y regionales de sus municipios. La protección de estas fuentes hídricas se realiza por medio de acciones de conservación en áreas de importancia estratégica para la captación y regulación del recurso hídrico, mediante la implementación de incentivos en dinero y un programa de Formación y Capacitación, que tiene como objetivo adquirir herramientas para el cuidado y manejo de sus territorios y así garantizar la calidad y cantidad del recurso hídrico (Fondo Patrimonio Natural, 2019).

Mientras tanto, las zonas de protección hídrica en Ecuador ya se reconocen en la Ley de Aguas del año 2014, donde se considera que, por su importancia para la sociedad y la economía del país, estas deben estar incluidas en el Sistema Nacional

de Áreas Protegidas (SNAP). Se conoce que el 39% del territorio nacional corresponde a zonas de alta oferta hídrica con ecosistemas frágiles que deben ser conservados y manejados. La antigua Secretaría del Agua del Ecuador (SENAGUA) delimitó ocho SWP en el territorio nacional, sin embargo, aún quedan pendientes sus declaratorias formales (Secretaría Nacional del Agua, 2018).

Con base en esta información, la ex SENAGUA en cooperación con el Fondo para la Protección del Agua (FONAG) y el apoyo de algunas organizaciones, oficializó la creación de la primera Área de Protección Hídrica del país y de Sudamérica, en el año 2018, denominada Ponce-Paluguillo, la cual beneficiará directamente a la parroquia de Pifo e indirectamente al Distrito Metropolitano de Quito (Secretaría Nacional de Agua, 2018).

1.2. Problema de investigación y justificación

El agua es un importante recurso para la supervivencia de los seres humanos y su desarrollo (Wang et al., 2019). Sin embargo, la brecha creciente entre el suministro y la demanda se ha intensificado en todo el mundo (Elmahdi et al., 2007; Wang et al., 2011). Entre los principales factores que contribuyen a este problema están la disminución de la cantidad y calidad de este recurso (WHO y UNICEF, 2000; Shi et al., 2017), la demanda de tierras productivas para el desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas, y la explotación minera y petrolera que generan cambios en la cobertura del suelo (Kweyu, et al., 2019) perjudicando a las fuentes de agua potable y de riego.

La ganadería y agricultura se realizan en la mayor parte del territorio de la microcuenca del río Escudillas (Alvear, 2017). Producto de esto, se tiene las prácticas ambientales inadecuadas y la falta de concienciación de algunos pobladores hacia el ambiente, lo que altera las características naturales de las fuentes de agua superficiales y subterráneas. A esto se adiciona el problema de la minería en la parte alta de la microcuenca, la que se ha intensificado en el primer trimestre del año 2019. Los habitantes de las áreas afectadas han demostrado su preocupación hacia esta actividad que se desarrolla de forma ilegal y causa la destrucción grave e irreparable del ambiente (El Comercio, 27 de abril de 2019).

Este tipo de actividades alteran el ecosistema de la microcuenca y repercuten en el deterioro de la calidad del agua para los sistemas de riego. Debido a que el lugar de extracción de este mineral se ubica en zonas aledañas al punto de captación del canal de riego “Monte Olivo-San Rafael”, y de otras fuentes de agua de donde se capta para el consumo doméstico de los pobladores de varias comunidades de la microcuenca. En este sentido, se plantea la delimitación de áreas de protección hídrica dentro de la microcuenca, y de esta forma ayudar a la gestión sostenible del recurso hídrico.

Según el Plan Nacional de Desarrollo - Creación de Oportunidades (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2021) en el Objetivo 13, política 13.1, establece que se debe proteger, recuperar, regenerar y conservar el recurso hídrico y sus ecosistemas asociados, además en su política 13.2 menciona la importancia de promover la gestión sostenible del recurso hídrico en todos sus usos y aprovechamientos. Así, se propone una gobernanza sostenible del recurso hídrico lo cual solo se logrará con la generación de prácticas responsables con el medio ambiente y la población.

El proyecto “Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la Microcuenca del río Escudillas” se sustenta en el Art. 12 de la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento de Agua, donde se da a conocer que el Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley. Por otra parte, en el Reglamento a la Ley Orgánica del Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento de Agua, en el Art. 68 se pone de manifiesto que la Autoridad Única del Agua llevará un programa sistemático de delimitación de fuentes de agua a cuyos efectos existirá la apropiada partida económica en los presupuestos anuales hasta que el programa sea completado.

El presente proyecto de investigación se enfoca en una propuesta orientada a establecer lineamientos de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas para lo que será necesario identificar todas las fuentes de agua así también como las posibles actividades que podrían ocasionar la reducción de la calidad y cantidad del caudal. La investigación es un aporte al Proyecto “Estrategias de adaptación al cambio climático en la cuenca hidrográfica del Rio Mira: El caso de los principales canales de Riego”.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar bajo criterios técnicos las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas con el fin de proponer lineamientos que permitan su preservación.

1.3.2. Objetivos específicos

- Caracterizar la microcuenca del río Escudillas con énfasis en las fuentes de agua.
- Delimitar las áreas de protección de las fuentes de agua.
- Proponer lineamientos técnicos para la preservación de las fuentes de agua en la microcuenca del río Escudillas.

1.4. Pregunta directriz

¿Cuáles son las áreas de protección hídrica en la microcuenca del río Escudillas?

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Marco teórico referencial

2.1.1. Gestión integrada del recurso hídrico

La gestión integrada del recurso hídrico (GIRH) es un proceso que promueve el manejo y desarrollo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados, a fin de maximizar el bienestar social y económico de manera equitativa, sin comprometer la sostenibilidad de los ecosistemas vitales (GWP, 2000). La distribución del agua y las decisiones de gestión consideran los efectos de cada uno de los usos sobre los otros.

Sin embargo, las propuestas de tipo sectorial, que han dominado el manejo del agua, siguen prevaleciendo. Esto conduce a un desarrollo y gestión del recurso de manera fragmentada y sin coordinación, situación que a través de la gestión integrada de recursos hídricos se puede mejorar porque permite la coordinación y la colaboración entre los sectores individuales, e incluso promueve la participación de los interesados, la transparencia y una gestión local sostenible. Por tanto, gestión integrada significa que todos los usos diferentes del recurso hídrico deben ser considerados en conjunto (Pérez, Orozco, Mirón y Tábora, 2010).

2.1.2. Cuenca hidrográfica

Es el espacio del territorio en el cual discurren todas las aguas superficiales hacia un único lugar o punto de descarga que usualmente es un cuerpo de agua importante tal como un río, un lago o un océano. El ámbito de la cuenca hidrográfica es un espacio territorial natural independiente de las fronteras político-administrativas internas de un país o de fronteras internacionales (Aguirre, 2011).

2.1.3. Manejo integral de las cuencas hidrográficas

Es la formulación y aplicación de un conjunto integrado de acciones que busca el desarrollo sostenible en toda la cuenca hidrográfica, tanto aguas abajo como aguas arriba, y tiene como objetivo minimizar los efectos ambientales negativos sobre el recurso hídrico. Por lo que es un método de planificación que aplica un enfoque

holístico, destacando la interconectividad de los recursos naturales entre los usuarios, aplicando el concepto de ecosistema, los principios de la ciencia ecológica y los lineamientos del desarrollo sostenible (Gaspari, Rodríguez, Senisterra, Delgado y Besteiro, 2013).

2.1.4. Microcuenca hidrográfica

La microcuenca es una unidad física determinada por la línea divisoria de agua, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia un mismo fondo de un mismo valle, ríos, arroyo. Al unirse el caudal y superficie drenada de varias microcuencas, se conforman las cuencas hidrográficas de mayor tamaño (Cuasapud, 2017), mientras que la microcuenca es una agrupación de pequeñas áreas de una subcuenta o parte de ella (Ramakrishna, 1997). Estas son importantes zonas productoras y captadoras de agua, ofrecen una gran cantidad de servicios como conservación de la biodiversidad, protección de riberas, conservación del suelo y provisión de hábitat para la flora y fauna (Saavedra, 2009).

2.1.5. Caracterización morfométrica de la cuenca hidrográfica

Según Gaspari et al. (2012) el análisis morfométrico de una cuenca hidrográfica es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje, que permiten conocer las características físicas de una cuenca y realizar comparaciones entre ellas. De esta forma ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de estrategias para la formulación de su manejo. Con base en esto, es importante señalar que las mediciones deben realizarse sobre un mapa con suficiente información hidrográfica y topográfica (Cardona, 2016).

Las características morfométricas de una cuenca tienen una relación directa con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Los parámetros morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control (Cardona, 2016).

2.1.5.1. Parámetros morfométricos asociados a la forma.

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, en otras palabras, la forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. La medición de los factores de forma de una cuenca se realiza por medio de una metodología que permite cubrir dos objetivos: comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas; y comparar los resultados de las mediciones (Tabla 1), los cuales son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas en las que se puede tener mayor información histórica de su comportamiento hidrológico (Cardona, 2016).

Tabla 1. Parámetros de forma

Parámetro	Definición
Área (A)	Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio, este parámetro se expresa normalmente en km^2 .
Perímetro (P)	Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Este parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros.
Longitud de la cuenca (L)	Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.
Ancho de la cuenca (B)	Se conoce como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.
Factor de forma de Horton (Kf)	Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca. En una cuenca hidrográfica con un factor de forma bajo, es probable que exista menos probabilidad de concentrar el escurrimiento superficial formando menos crecidas que una de la misma área y mayor factor de forma.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Donde,
 A : área de la cuenca
 L : longitud de la cuenca

Parámetro	Definición
-----------	------------

Coeficiente de compacidad (Kc) Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene la misma área de la cuenca de estudio. Este coeficiente tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores del Kc jamás serán inferiores a uno. Si el valor del Kc tiene un valor aproximado a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, es decir, mientras más cercano a uno, mayor será la concentración de agua.

$$Kc = \frac{(0.282)(Pc)}{\sqrt{A}}$$

Donde,

Kc : coeficiente de compacidad

A : área de la cuenca

Pc : perímetro de la cuenca

Forma de la cuenca de acuerdo al índice de compacidad (Campos, 1992):

Clase	Índice de compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval-redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval-Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 a más de 2	Oval-oblonga a rectangular-oblonga

Razón de elongación (Re) Se considera a la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. Todo valor cerca de la unidad implicará formas redondeadas y cuanto menor sea a la unidad será más alargada (González de Matauco, 2004). La fórmula es propuesta por Shumm (1956):

$$Re = \frac{(1.128)(\sqrt{A})}{Lc}$$

Donde,

Re : razón de elongación

Lc : longitud del cauce principal de la cuenca

A : área

Fuente: Cardona (2016).

2.1.5.2. Parámetros morfométricos relativos al drenaje.

La integración de todo el conjunto de procesos y características medioambientales de las cuencas hidrográficas se expresa en la morfometría de las redes de drenaje asociadas a los cursos de agua. Estos constituyen un sistema donde el drenaje reacciona a la información enviada por cada uno de los parámetros y variables que definen la cuenca (García, Gómez, y Ortigosa, 1987). Su estudio implica necesariamente tener en consideración el carácter jerárquico que poseen las mallas a consecuencia de la organización del sistema fluvial (López y Peña, 1987) (Tabla 2).

Tabla 2. Parámetros de drenaje

Parámetro	Definición
Orden de los cauces	El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Existen varios métodos para realizar esta clasificación. Por ejemplo, el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios: se consideran corrientes de primer orden a aquellas portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos, mientras que, cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden, y de manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden $i+1$.
Relación de bifurcación (Rb)	Es la proporción que existe entre el número de cauces de cualquier orden (Nu) y el número de cauce de orden (u) del siguiente orden superior. $b = \frac{Nu}{Nu + 1}$ <p>Donde, Rb: relación de bifurcación Nu: número total de cauces con orden u U: número de orden de cauce</p>

Parámetro	Definición
Tiempo de concentración (<i>tc</i>)	<p>Se define como el tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia, desde el extremo de la cuenca más alejado a la sección de salida, se calcula mediante la siguiente fórmula:</p> $tc = \frac{(4\sqrt{S} + 1.5 L)}{(0.8\sqrt{H})}$ <p>Donde,</p> <p><i>tc</i>: tiempo de concentración (h)</p> <p><i>S</i>: área de la cuenca (km²)</p> <p><i>L</i>: longitud del cauce principal (km)</p> <p><i>H</i>: elevación media de la cuenca</p>
Pendiente media del cauce principal (<i>i</i>)	<p>Este parámetro permite obtener la pendiente media del río y su potencial para erosionar el suelo.</p> $i = \frac{Hmax - Hmin}{Lc} * 100$ <p>Donde,</p> <p><i>i</i>: pendiente media del cauce principal (%)</p> <p><i>Hmax</i>: altura máxima del afluente principal</p> <p><i>Hmin</i>: altura mínima del afluente principal</p> <p><i>Lc</i>: longitud del cauce</p>

Fuente: Saavedra (2001); Viramontes (2008); Cardona (2016).

2.1.5.3. Parámetros morfométricos relacionados al relieve.

Según Navarrete (2004) a mayor pendiente corresponde una menor duración de la concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros de relieve

Parámetro	Definición
Curva hipsométrica	Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en el Modelo Digital de Elevación (MDE) y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota.
Pendiente media de la cuenca	<p>Es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de una cuenca y permite hacer comparaciones entre ellas, para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.</p> $J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$ <p>Donde,</p> <p><i>J</i>: pendiente media de la cuenca <i>ΣLi</i>: suma de las longitudes de las curvas de nivel (km) <i>E</i>: equidistancia entre curvas de desnivel (km) <i>A</i>: superficie de la cuenca (km²)</p>
Elevación media	Se determina a partir de la curva hipsométrica, la elevación media será equivalente al 50% del área de la cuenca, donde en el eje “X” del gráfico se aplicará el porcentaje.
Análisis hipsométrico	Se realiza con el propósito de comparar la cuenca con otros sistemas hidrográficos, para lo cual, se emplea el criterio propuesto por Campos (1999), que considera la relación entre las alturas parciales y la altura total, así como las áreas parciales entre curvas de nivel y el área total. En base al análisis hipsométrico, se determina el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca hidrográfica.

Fuente: Navarrete (2004).

2.1.6. Conservación y protección del recurso hídrico

La protección y conservación de las fuentes de agua son un conjunto de prácticas que se aplican con el objetivo de mejorar las condiciones de uso y aprovechamiento del agua y reducir o eliminar las posibilidades de contaminación (Saavedra, 2009), debido a que el manejo y formas de gestión de estas actividades tienen un reflejo

directo sobre la calidad y cantidad de agua (González, 2011). La conservación del agua está relacionada con la recarga de las vertientes y su interrelación con los demás recursos, tales como el suelo y cobertura vegetal. Mediante la implementación de acciones tendientes a mejorar la disponibilidad y la calidad del agua dentro de la microcuenca. Las acciones más importantes para la protección y conservación de las fuentes de agua y de las zonas aledañas son las prácticas en el área de captación de la fuente y las prácticas en el área de afloramiento del agua (Saavedra, 2009).

2.1.6.1 Zonas de protección hídrica.

Son aquellas que tienen como objetivo proteger los territorios donde existen fuentes de agua que sean de interés público con el propósito de mantenerlas, conservarlas y protegerlas, debido a que son importantes para garantizar el abastecimiento del agua para el consumo humano o agua de riego (Martínez-Moscoso, 2019). Las zonas de protección deben ser definidas de tal manera que permitan la aplicación de medidas factibles para mantener el estado natural del agua (Brenčič et al., 2009).

Las zonas de protección de agua se dividen en dos grupos: las fuentes de agua subterráneas y las fuentes de agua superficial. Las aguas subterráneas son las que se encuentran almacenadas bajo la superficie, en la zona de saturación y en contacto directo con el suelo o el subsuelo, y se subdividen en tres grupos: acuíferos intergranulares, acuíferos kársticos y acuíferos fisurados (Brenčič et al., 2009). Estos acuíferos son capas subsuperficiales de roca u otros estratos geológicos con suficiente porosidad y permeabilidad para permitir un flujo considerable o la extracción de una cantidad significativa de agua subterránea (Ordoñez, 2011). Por otro lado, las aguas superficiales son las continentales y costeras, y se subdividen en: aguas que fluyen y aguas estancadas. Las aguas que fluyen son torrentes, riachuelos y ríos, sin importar si son perennes o intermitentes, pero poseen velocidades significativas de caudal, mientras que las aguas estancadas son aquellas con una velocidad de caudal insignificante (Brenčič et al., 2009).

2.1.7. Planificación estratégica

Armijo (2009, como se citó en Walter y Pando, 2014) define a la planificación estratégica como una herramienta de gestión que permite apoyar la toma de decisiones de las organizaciones en torno al quehacer actual y al camino que deben recorrer en el futuro para adecuarse a los cambios y demandas del entorno, y así, lograr la mayor eficiencia, eficacia, calidad en los bienes y servicios que proveen. Con base en esto, consiste en un ejercicio enfocado en la formulación y establecimiento de objetivos de carácter prioritario, donde la característica principal es establecer estrategias para alcanzar los objetivos. Steiner (2007, como se citó en Bojórquez y Pérez, 2013) menciona que la planeación estratégica requiere de dedicación para actuar con base en la observación del futuro, y una determinación para planear constante y sistemáticamente como una parte integral de la dirección.

2.1.7.1. Principios de la planificación estratégica.

Los principios de la planificación estratégica según Guerra y Aguilar (2002), son (Tabla 4):

Tabla 4. Principios de la planificación estratégica

Principios	Características
Racionalidad	Es la capacidad intelectual para definir alternativas de acción que permitan aprovechar los recursos al máximo.
Previsión	Se trata de anticiparse a lo que pueda ocurrir, es decir, fijar plazos para la ejecución de los planes.
Universalidad	Dentro de la toma de decisiones se deben considerar los aspectos tecnológicos, políticos, económicos, legales, sociales y culturales en los que se desenvuelve toda organización.
Unidad	Está ligado al principio de coordinar, con la finalidad de impedir el uso inadecuado de los recursos.
Continuidad	La no continuidad de las acciones productivas promueve el retraso de la organización, con sus consecuentes implicaciones.

Un principio relevante en las organizaciones sin ánimo de lucro es la participación, donde las personas cooperan activamente en el proceso de toma de decisiones (Cohen y Uphoff, 1980), así como en la implementación de programas, beneficios y su implicación en la evaluación. La planificación debe ser un proceso participativo porque las herramientas y técnicas con las que se van a trabajar, toman sentido, si se emplean de modo participativo, caso contrario, su valor es muy escaso y limitado (Fantova, 2001, como se citó en Navajo, 2009).

Según Paredes y Coscio (1994) la participación en la elaboración de un plan estratégico genera importantes beneficios, como:

- Ayudar a la superación de sus miembros, ya que estimula el desarrollo de sus recursos humanos, enriqueciendo su trabajo y fomentando su creatividad.
- Ayuda a evitar discrepancias respecto al reparto de actividades.
- Facilita la evaluación del rendimiento.
- Genera entusiasmo interno y externo, así como un compromiso con la organización y sus estrategias.
- Mejora la actuación de los recursos humanos que tiene objetivos propios, que los comparte y los entiende.
- Aumenta el grado de participación de los miembros y de esta forma, mejora sus condiciones para la toma de decisiones.
- Se incentiva a la creación de un ambiente con mayor comunicación.
- Los objetivos logrados dan confianza y motiva a los participantes a lograr otros nuevos.

2.1.7.2. Propósito de la planificación estratégica.

De acuerdo con Fuentes et al. (2017) la planificación estratégica permite alcanzar una posición estratégica, analizar el entorno, eliminar riesgos, transformar debilidades en fortalezas, mejorar el desempeño de las funciones y determinar el rumbo del contexto en estudio. Además, pretende identificar de forma adelantada los cambios externos e internos para instrumentar respuestas rápidas, procurando que el nivel de sorpresa de los impactos sea el menor posible, no puede definir con

exactitud todas las acciones que deben llevarse a cabo para lograr los objetivos, sin embargo, define los lineamientos maestros de actuación (Navajo, 2009).

2.1.7.3. La planificación estratégica orientada a la investigación.

Los conceptos de estrategia y planificación están ligados invariablemente, ya que tanto el uno como el otro designan una secuencia de acciones ordenadas en el tiempo, en forma tal que sea posible alcanzar uno o varios objetivos. Es así como la planificación estratégica es el proceso por el cual se ordenan los objetivos y acciones de una investigación (Guerra y Aguilar, 2002).

Finalmente, ya que la planificación estratégica es una potente herramienta de diagnóstico, análisis, reflexión y toma de decisiones, permite determinar el escenario deseado a futuro dentro de la investigación, así como definir los lineamientos que se deben realizar para alcanzar los objetivos planteados, ya sea a corto, mediano o largo plazo (Ministerio del Ambiente, 2010).

2.1.7.4. La planificación estratégica en el entorno ambiental.

Es un proceso continuo de transformación de información en conocimiento y de toma de decisiones respecto a la situación ambiental de un espacio geográfico, capaz de orientar el desarrollo en un marco de sustentabilidad y que dinamiza una política ambiental para que no ocurran daños injustificables del territorio (Jasanoff y Martello, 2004; Millar, 2005; Feria, Rodríguez, y Castañeda, 2019), por tanto se configura como un proceso sincrónico y organizado que establece medidas concretas de intervención (Astudillo, Maldonado y Rodríguez, 2020).

2.2. Marco legal

En Ecuador existe un amplio marco regulatorio y normativo que proporciona las bases sobre las cuales funciona el Estado. De acuerdo con lo establecido en la Constitución de la República del Ecuador aprobada en el año 2008, en el Art. 425, se indica que el orden jerárquico de aplicación de las normas será el siguiente: la Constitución; tratados y convenios internacionales; leyes orgánicas; leyes ordinarias; normas regionales y ordenanzas distritales; decretos y reglamentos; ordenanzas; acuerdos y resoluciones; y demás actos y decisiones de los poderes públicos.

A continuación, se presenta el sustento legal de la presente investigación (Figura 1) que se enfoca en el estudio de las áreas de protección de fuentes hídricas en Ecuador, mismo que se representa a través de la pirámide de Kelsen.

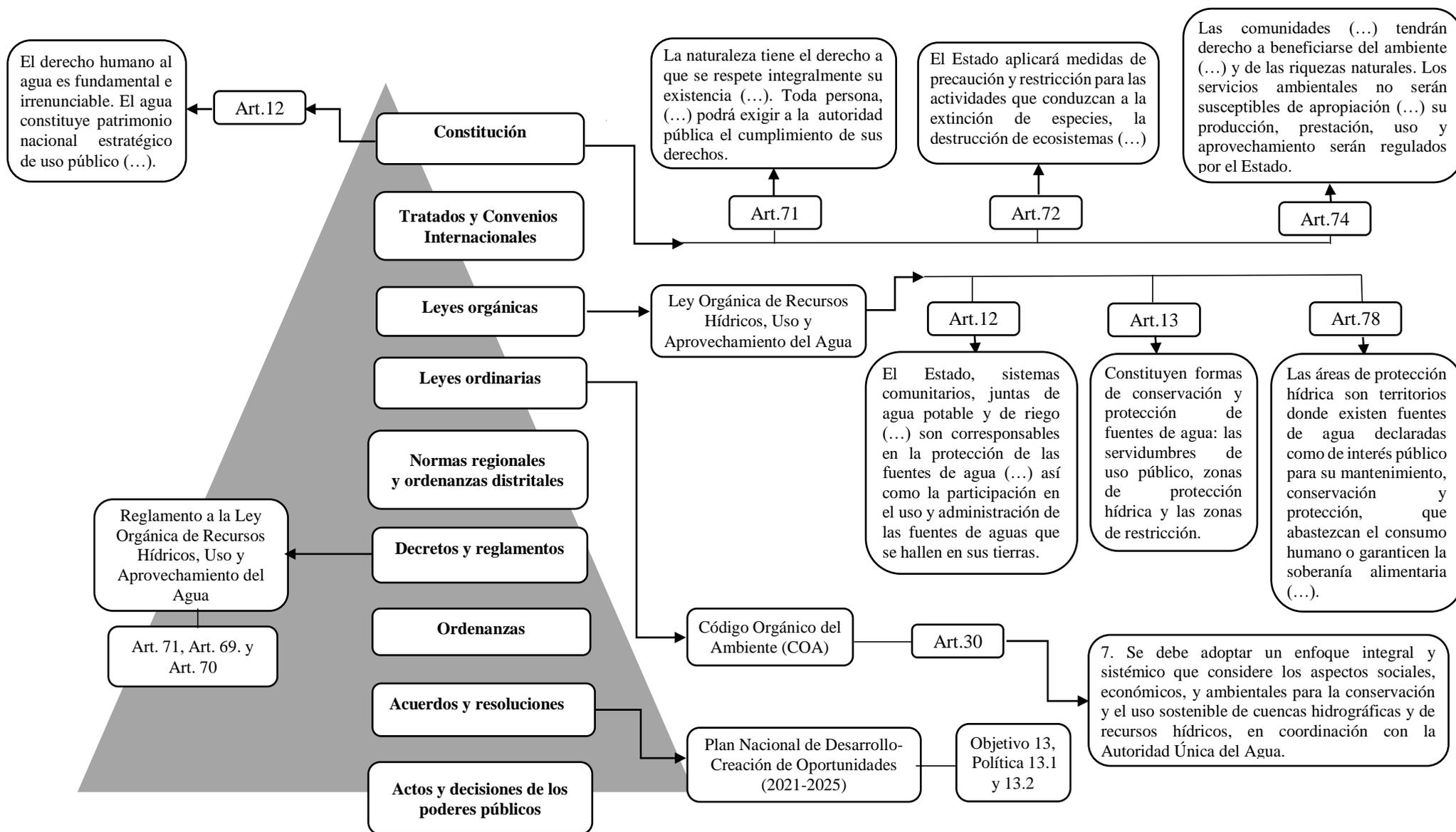


Figura 1. Normativa legal de la investigación relacionada a las áreas de protección hídrica en el Ecuador

CAPÍTULO III METODOLOGÍA

En este capítulo se muestra la caracterización de la zona de estudio, se describen los métodos que se utilizó durante el desarrollo de la presente investigación y, se detallan los equipos y materiales que se emplearon para cumplir con los objetivos planteados.

3.1. Caracterización del área de estudio

La microcuenca del río Escudillas se localiza al Norte del Ecuador, entre los cantones de Bolívar y Pimampiro, pertenecientes a las provincias de Carchi e Imbabura, respectivamente. Las parroquias rurales San Francisco de Sigsipamba, Chugá, Monte Olivo y San Rafael se encuentran dentro de los límites de esta microcuenca. La zona de estudio tiene una superficie de 114.22 km² (Figura 2).

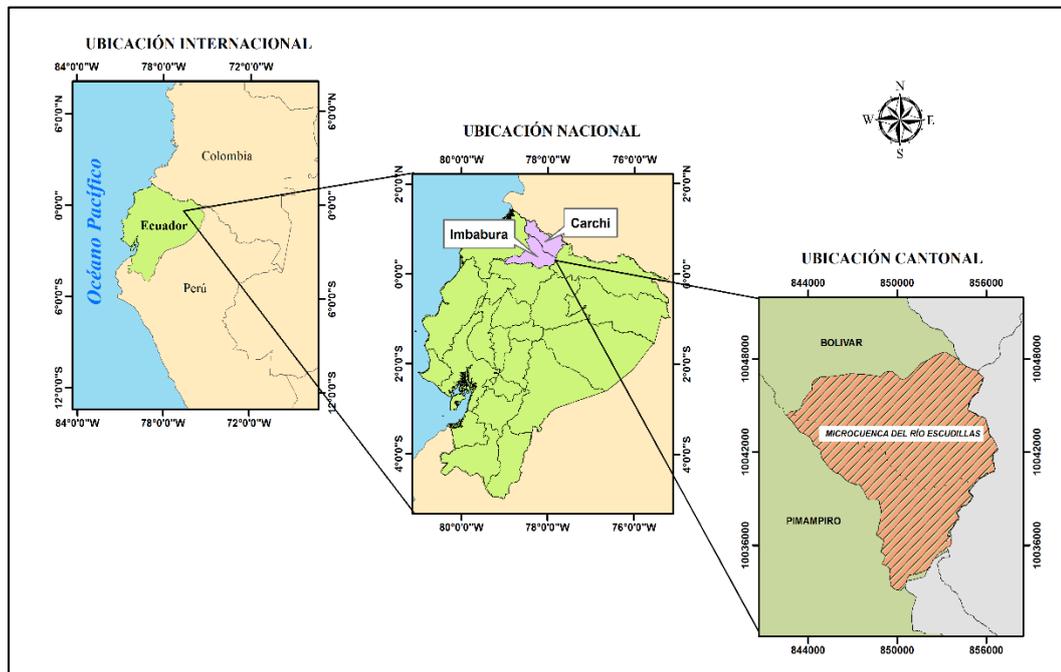


Figura 2. Ubicación geográfica de la microcuenca del río Escudillas

3.1.1. Diagnóstico del medio físico de la microcuenca

Las parroquias San Francisco de Sigsipamba y Chugá pertenecen al cantón Pimampiro, parte de estas se ubican en el área de estudio, donde debido a su rango altitudinal la zona característica de vida es el bosque húmedo Montano Bajo (bhMB), con una temperatura media anual que oscila entre los (12-19) °C y precipitaciones medias que varían entre 1000 y 1500 mm al año. En relación a la geomorfología existen depósitos aluviales que constituyen terrazas en las partes altas y valles en las partes bajas. Existen dos tipos de clima: Ecuatorial mesotérmico Semi-húmedo y Ecuatorial de Alta Montaña. Los ecosistemas que se puede encontrar son: Bosque siempreverde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes, Arbustal siempreverde y herbazal de páramo (GAD Municipal San Pedro de Pimampiro, 2014).

En la parroquia de Monte Olivo el comportamiento de la temperatura, precipitación y su correlación con la altitud, dan lugar a tres tipos de climas: Ecuatorial Mesotérmico Seco, Ecuatorial Mesotérmico Semi Húmedo y Ecuatorial de Alta Montaña. Existen varias formaciones geológicas: la zona alta se caracteriza por presentar rocas andesitas a riolitas y piroclastos. La zona media presenta rocas pizarras, cuarcitas, arcillas, tobas, areniscas, conglomerados, así como, afloramientos de rocas metamórficas que están compuestas por esquistos, esquistos-micáceos, grafiticos, gneis y filitas. La formación geológica de la zona baja está constituida por depósitos volcánicos y sedimentarios donde predomina el duripan (cangahua), terrazas, morrenas y conos de escombros de la primera época y areniscas, arcilla y conglomerados de la segunda época. Existen también colinas compuestas de capas con distintos colores, esto indica diferente composición mineralógica de las rocas sedimentarias. Referente a las zonas de vida, la parroquia Monte Olivo tiene las siguientes: bosque húmedo Montano (bhM), bosque muy húmedo Montano (bmhM), bosque seco Montano Bajo (bsMB) y estepa espinosa Montano Bajo (eeMB) (Tulcán, 2015).

La parroquia San Rafael forma parte del cantón Bolívar, en este la temperatura media anual oscila entre (6-20) °C. En esta parroquia se tiene una precipitación media anual entre 500 a 750 mm. Los climas que predominan son: Mesotérmico

Semi Húmedo a Húmedo y Seco, razón por la que dentro del territorio se dispone de una variedad de pisos climáticos que favorecen a las actividades agropecuarias. El ecosistema que predomina es de paramo herbáceo. Tiene los siguientes relieves: coluvión antiguo, encañonamiento, cono de deyección, relieve montañoso, relieve colinado bajo, medio, alto, relieves colinados muy bajos y altos, relieves ondulados, y vertientes muy escarpadas. San Rafael presenta varias formaciones geológicas, siendo las de mayor superficie los depósitos piroclásticos con 2017,43 ha, sedimento vulcano lacustres con 621,90 ha y Volcánicos Magus con un total de 52,74 ha (GAD Municipal del Cantón Bolívar, 2015).

Acorde a la red hídrica de la microcuenca, se conoce que los afluentes principales son: la quebrada Agua Amarilla, y Espejo; además de los ríos El Carmen, San Miguel, y Córdova, este último considerado principal afluente dentro de la microcuenca. El río Escudillas tiene una longitud de 8.50 km y un caudal medio de 4 481 l/s, es un río de montaña con alto grado de disección, en donde el recurso agua es utilizado para riego de los cultivos del valle del Chota. El río posee su nombre aguas arriba de los ríos Córdova y San Miguel, el primero perteneciente a los límites políticos del cantón Pimampiro y el segundo a la provincia del Carchi. Las laderas del río son escarpadas, sin embargo, se observa cultivos en algunos sectores (Avellaneda y Villafuerte, 2008).

La vegetación arbustiva y de matorral está constituida por diferentes niveles de influencia antropogénica, esta se distribuye desde la zona baja en los cauces de los afluentes hasta las estribaciones de la cordillera. En la zona alta se ubica el bosque nativo de la microcuenca acompañado con extensiones de páramo y humedales, sitios principales de captación de agua para uso doméstico y riego; la temperatura media anual varía entre (7-12) °C y la precipitación promedio es mayor a 1 000 mm al año (GAD Municipal San Pedro de Pimampiro, 2014).

3.1.2. Diagnóstico social de la microcuenca

En el área de estudio se encuentran 15 asentamientos poblacionales, de los cuales 10 pertenecen a la parroquia de Monte Olivo (Carchi) y cinco son parte de la parroquia de Chugá (Pimampiro). Una extensión de las parroquias San Rafael y San

Francisco de Sigsipamba se ubica dentro de la zona de estudio, sin embargo, no existe ninguna comunidad dentro de este territorio (Tabla 5).

Tabla 5. Comunidades dentro de la microcuenca del río Escudillas

Provincia	Cantón	Parroquia	Comunidades
Carchi	Bolívar	Monte Olivo	Monte Olivo, El Manzanal, Raigrás, Palmar Grande, Pueblo Nuevo, Laglas, San Agustín, San José de Motilón, Miraflores y El Aguacate.
		San Rafael	No existen en la microcuenca.
Imbabura	Pimampiro	Chugá	San Antonio, Pueblo Viejo de Chugá, San Onofre, San Francisco de los Palmares, y Palmar Chico.
		San Francisco de Sigsipamba	No existen en la microcuenca.

La parroquia Chugá tiene 1 080 habitantes, de los cuales la población masculina representa un 53,43%, y la población femenina alcanza un 46.57%, con un total de 577 hombres y 503 mujeres. La parroquia se encuentra dividida en 7 grupos étnicos, siendo el mestizo el grupo dominante (GAD Municipal San Pedro de Pimampiro, 2014).

La parroquia San Francisco de Sigsipamba tiene 1 269 habitantes, de los cuales la población masculina representa un 51,69%, mientras que la población femenina representa un 48.31%, con un total de 656 hombres y 613 mujeres. La parroquia se encuentra dividida en 8 grupos étnicos donde domina la clasificación de tipo racial mestiza (GAD Municipal San Pedro de Pimampiro, 2014).

La parroquia Monte Olivo cuenta con 1 829 habitantes, donde la población masculina alcanza un 52,7%, y la población femenina representa un 47,3%, con un total de 964 hombres y 865 mujeres. En la parroquia domina la etnia racial de tipo mestiza, de los 7 grupos étnicos que existen (GAD Parroquial de Monte Olivo, 2015).

La parroquia de San Rafael cuenta con una población de 1 741 habitantes, donde la población masculina representa el 49,9%, mientras que la población femenina alcanza el 50,1%, con un total de 868 hombres y 873 mujeres. La parroquia se

encuentra dividida en 5 grupos étnicos, siendo el mestizo el grupo dominante, seguido por la etnia afroecuatoriana (GAD Parroquial de San Rafael, 2015).

La microcuenca del río Escudillas es una zona caracterizada por la agricultura, la población se dedica principalmente al cultivo de frutales y hortalizas; estos son comercializados en los mercados de los cantones de Ibarra, Bolívar e incluso Ambato. La crianza de ganado vacuno es otra de las actividades productivas que genera ingresos económicos a la población de la microcuenca ubicada en la Provincia del Carchi, donde se observa que gran parte de suelo es usado para la siembra de pasto (Alvear, 2017).

Los pastizales son una de las principales unidades productivas, estos se han originado debido al avance de la frontera agrícola. Se encuentran asociados con cultivos de ciclo corto y vegetación arbustiva. El área cultivada se evidencia en forma de parcelas y fincas agroproductivas, ubicadas en la zona media y baja de la microcuenca. Entre los principales cultivos de la zona, existen: cebolla paiteña (*Allium cepa*), tomate de árbol (*Solanum betaceum*), aguacate (*Persea americana*), taxo (*Passiflora tripartita*), granadilla (*Passiflora ligularis*), mandarina (*Citrus reticulata*) y otros cultivos de ciclo corto como: maíz (*Zea mays*), fréjol (*Phaseolus vulgaris*), papa (*Solanum tuberosum*) y haba (*Vicia faba*) (Alvear, 2017).

3.2. Métodos

A continuación, se presenta un diagrama de flujo con las fases y actividades que se realizó para alcanzar los objetivos propuestos en la investigación (Figura 3).

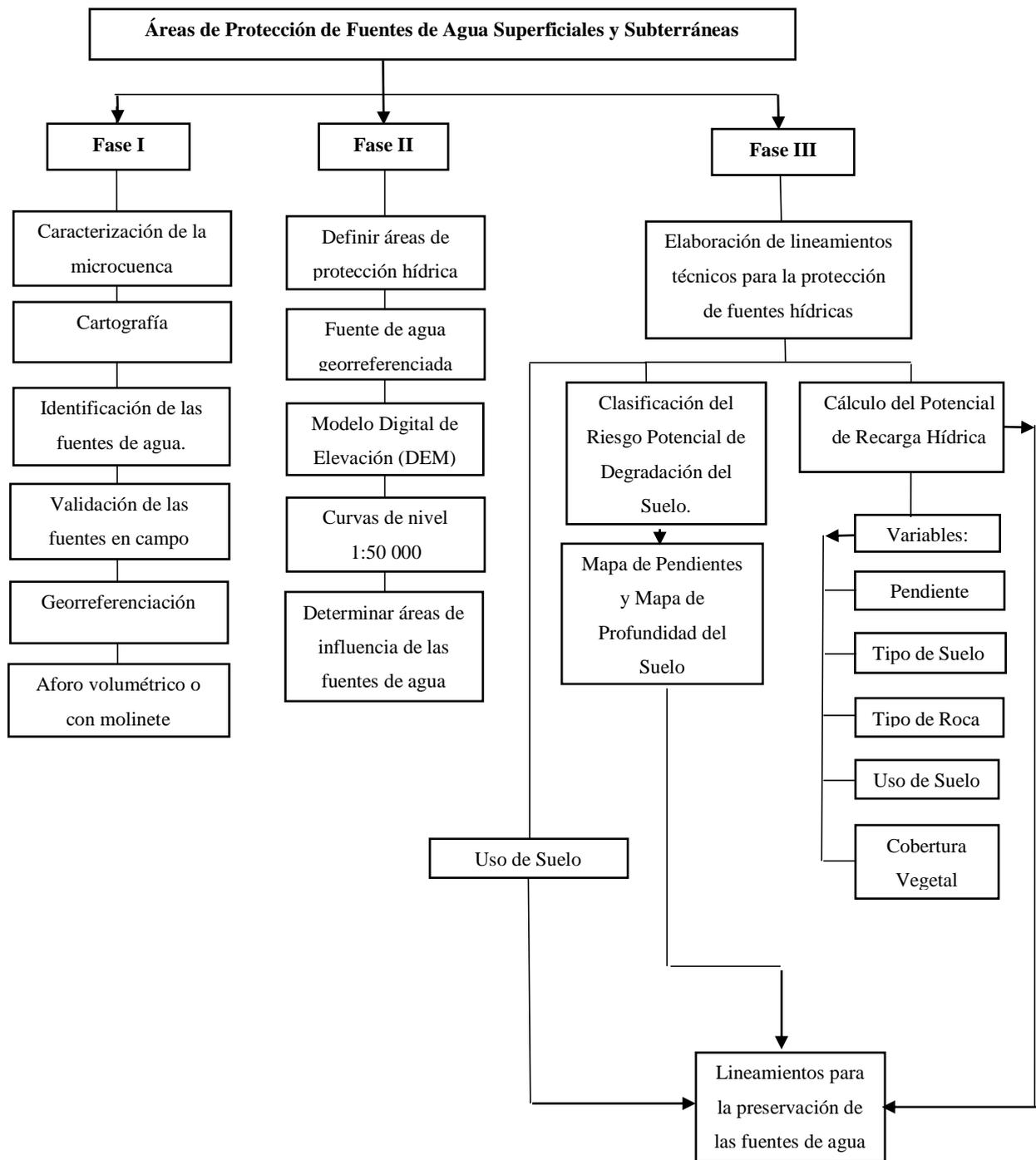


Figura 3. Diagrama de flujo de las fases de estudio

3.2.1. Fase I: Caracterizar la microcuenca

La caracterización de la microcuenca se realizó en base a cartografía temática y al recurso hídrico que se encuentra en el área de estudio.

Inicialmente se delimitó la cuenca hidrográfica del río Escudillas mediante la aplicación de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Para identificar las fuentes de agua se recopiló información de la antigua Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), y finalmente, se validó la información obtenida a través de salidas de campo con el representante o a su vez un delegado de cada fuente hídrica.

La información secundaria obtenida de SENAGUA se utilizó como base para seleccionar las principales fuentes de agua, considerando el nivel de importancia por caudal asignado (l/s), las comunidades a las que abastece (priorizando juntas de agua de riego) y criterios de accesibilidad a la fuente. En total se seleccionó ocho fuentes de agua (Tabla 6).

Tabla 6. Comunidades beneficiarias del recurso hídrico dentro de la microcuenca

Nombre Concesión	Provincia/Cantón	Uso	Caudal SENAGUA (l/s)	Comunidad beneficiaria
Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Carchi-Bolívar	Riego	400	Monte Olivo, San Rafael
Comunidad San Agustín	Carchi-Bolívar	Doméstica	5.46	San Agustín
CORSINOR	Imbabura-Pimampiro	Riego	1 200	Pimampiro
Comunidad el Manzanal 1	Carchi-Bolívar	Doméstica	3.18	Manzanal
Comunidad el Manzanal 2	Carchi-Bolívar	Doméstica	3.20	Manzanal
Comunidad Monte Olivo 1	Carchi-Bolívar	Doméstica	0.84	Monte Olivo
Comunidad Monte Olivo 2	Carchi-Bolívar	Doméstica	0.75	Monte Olivo
Comunidad Monte Olivo 3	Carchi-Bolívar	Doméstica	1.54	Monte Olivo

La técnica de la entrevista con el Informante Clave (Key Speaker) es una variante de la entrevista tradicional (McKernan, 2001), con la diferencia que se realiza a un individuo que por su posición tiene un amplio conocimiento y acceso a la zona investigada, este debe elegirse adecuadamente para asegurar la representatividad, brindando así información que va más allá de su propia situación (Doorman, 1991).

Esta entrevista se realiza mediante un diálogo con el entrevistado sobre los temas de los cuales se busca información. No es necesario emplear un cuestionario estructurado o una guía de entrevista detallada, basta con emplear una lista de tópicos previamente memorizada, y así asegurar que todos los asuntos de interés sean tratados. El arte de la entrevista abierta es la creación de un diálogo con el informante, en la que debe evitarse la forma de entrevista típica estructurada, sin la retroalimentación que caracteriza al diálogo (Doorman, 1991). Con base a esta técnica, se realizaron las entrevistas abiertas a los operarios/delegados de las fuentes de agua y se comprobó la información obtenida de la ex SENAGUA sobre la cantidad de caudal aprovechado en cada vertiente o a su vez captación (canales de riego).

Con base a las estaciones del INAMHI se elaboró los polígonos de Thiessen para la microcuenca, en la Figura 4 se muestra la influencia espacial de las estaciones Gruta La Paz, Pimampiro y San Francisco de Sigsipamba.

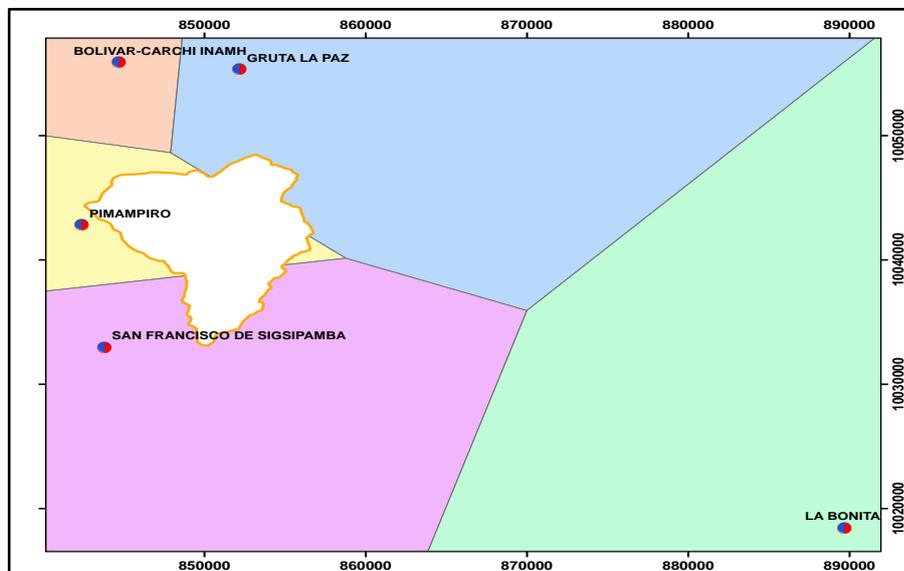


Figura 4. Polígonos de Thiessen de la microcuenca del río Escudillas

El Diagrama Ombrotérmico es un método usado para hacer una representación gráfica del clima mediante el uso de la precipitación y la temperatura, con el fin de identificar el clima de un determinado lugar y establecer la época seca y lluviosa. La elaboración del diagrama Ombrotérmico para la microcuenca del río Escudillas se realizó con los datos recopilados de la estación meteorológica San Gabriel que es la más cercana al área de estudio, los datos se encontraron en los anuarios meteorológicos publicados por el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INHAMI) desde el año 2004 hasta el año 2013 (Tabla 7).

Tabla 7. Características de la estación meteorológica San Gabriel

N°	Nombre	Código	Longitud	Latitud	UTM WGS 1984 Zona 17 Sur	Altitud (msnm)
1	San Gabriel	M0103	77° 49' 10''	0° 36' 15''	X = 854161; Y = 10066859	2860

Fuente: INAMHI (2020).

El resultado del diagrama ombrotérmico para el área de estudio indica que los meses secos corresponden a junio, julio, agosto y septiembre; mientras que la época lluviosa corresponde a los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre (Figura 5).

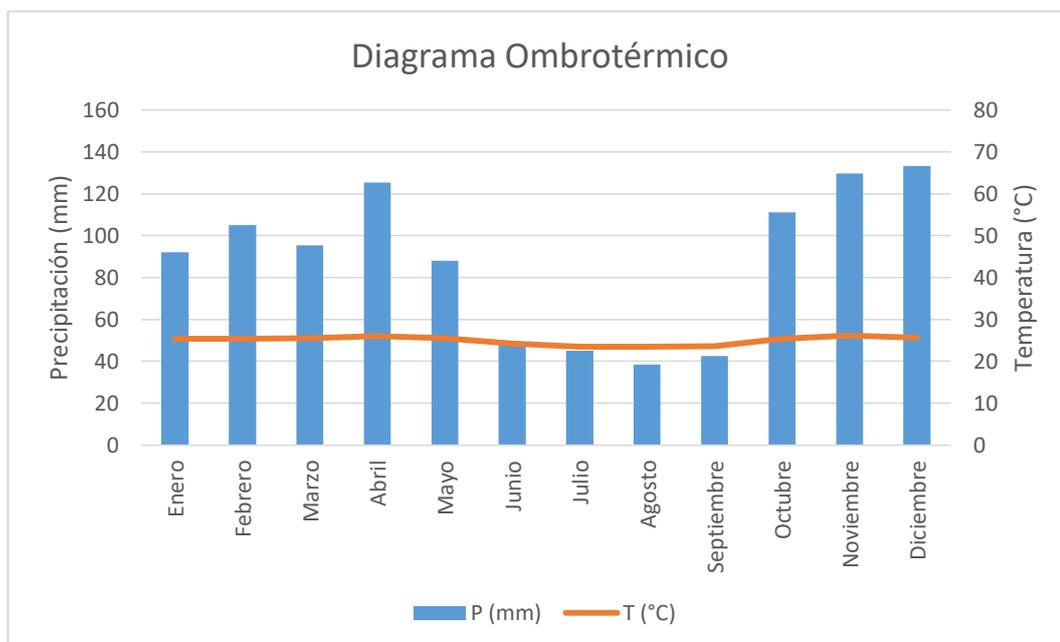


Figura 5. Diagrama Ombrotérmico de la microcuenca del río Escudillas

Con base en esta información se elaboró un cronograma, donde se detalla las salidas de campo a la microcuenca para realizar los aforos de caudales durante la época seca y lluviosa. Se visitó las ocho fuentes de agua previamente seleccionadas de manera mensual durante los meses: julio, agosto, septiembre, marzo, abril y mayo (Anexo 1).

La medición de caudal se puede desarrollar por varios métodos diferentes y su elección depende del tipo de fuente superficial que se pretenda aforar, de las características del sitio y de las condiciones al momento de su realización (IDEAM, 2002). Los métodos de medición de caudal usados en las fuentes de agua para la validación de la información de la antigua SENAGUA, se detallan a continuación:

Aforo Volumétrico

Este método es aconsejable utilizar en captaciones de agua con caudales pequeños, como arroyos o canales y se aplica cuando la corriente o vertimiento presenta una caída de agua en la cual se puede interponer un recipiente (IDEAM, 2002). Para emplear el aforo volumétrico se requirió un cronómetro y un recipiente, este fue colocado bajo la corriente o vertimiento de tal manera que recibió todo el flujo de agua; simultáneamente se activó el cronómetro. Este proceso inició en el instante

que el recipiente se introdujo a la corriente o vertimiento y se detuvo en el momento en que el recipiente se llenó de agua a su máxima capacidad (Figura 6). El aforo volumétrico se realizó seis veces para determinar el tiempo promedio. Según Villón (2002), el caudal se calcula con la ecuación (1):

$$Q = \frac{V}{t} \quad (1)$$

Donde,

Q: caudal (l/s)

V: volumen (l)

t: tiempo (s)

El aforo volumétrico fue el más apropiado para monitorear las captaciones de uso doméstico donde el volumen del caudal es moderado (Figura 6). Las fuentes hídricas en las que se aplicó este método son: Comunidad Monte Olivo 1, 2, 3, Comunidad San Agustín, Comunidad El Manzanal 1 y 2.



Figura 6. Aforo con método volumétrico en la fuente de agua de Monte Olivo “El Manantial”

Aforo con Molinete

El molinete es un instrumento que tiene la función de medir la velocidad de agua en cauces naturales o artificiales, en función de las revoluciones de la hélice en un

tiempo establecido (Dussaubat y Vargas, 2005). Este tipo de aforo fue aplicado en las captaciones con mayor flujo de agua: Junta de agua Monte Olivo-San Rafael y concesión para CORSINOR. Para calcular el caudal se requirió el uso del caudalímetro digital “Flowatch” de la marca JDC Electronic y también se consideró el área de la sección transversal del canal de agua, midiendo el ancho de la sección y la profundidad (Villón, 2002) (Figura 7).



Figura 7. Aforo con moliente en el canal de Riego Monte Olivo-San Rafael

3.2.2. Fase II: Definición de las áreas de protección en las fuentes de agua

Las áreas de protección hídrica se definieron en función de la delimitación de las áreas de influencia de las fuentes de agua previamente seleccionadas en la microcuenca.

3.2.2.1. Delimitación de las áreas de influencia en las fuentes de agua.

Para la delimitación de las áreas de influencia de las ocho fuentes de agua seleccionadas se elaboró un Modelo Digital de Elevación de la unidad hidrográfica (microcuenca). Luego, se procedió a delimitar el área con base a las curvas de nivel a escala 1:50 000 y a las coordenadas GPS de las fuentes de agua (punto de fluidez). Entonces, se obtuvo el área de la microcuenca que drena hacia ese punto y se le denominó área de influencia de las fuentes de agua. En los territorios delimitados como área de influencia, se deberá condicionar los usos y actividades que puedan

realizarse, a fin de evitar amenazas potenciales sobre la fuente que alteren la calidad o cantidad del recurso hídrico.

3.2.3. Fase III: Elaboración de lineamientos técnicos para la protección de las fuentes de agua

Los lineamientos técnicos para la protección de las fuentes de agua se construyeron mediante la combinación de tres variables: uso actual de suelo, riesgo potencial de degradación del suelo y zonas de recarga hídrica. La combinación se realizó entre categorías. Finalmente, a esta escala se le asignó cuatro clases: preservación, conservación, uso y restauración, que son finalmente las directrices de los lineamientos (Tabla 8)

Tabla 8. Definición de la escala para el establecimiento de lineamientos técnicos

Uso de Suelo		Riesgo Potencial de Degradación del Suelo									Lineamientos
Nivel II	Nivel I	Muy Bajo	Bajo	Poco Bajo	Medio	Poco Alto	Alto	Muy Alto			
Vegetación Arbustiva	Vegetación Arbustiva y Herbácea								Muy Alta y Alta	Zonas de recarga hídrica	Preservación
Páramo											
Vegetación Herbácea											
Bosque Nativo	Bosque								Alta		Conservación
Plantación Forestal											
Cultivo Anual	Tierra Agropecuaria								Moderada, Baja y Muy Baja		Uso/Restauración
Cultivo Semipermanente											
Cultivo Permanente											
Pastizal											
Mosaico Agropecuario											
Área sin cobertura vegetal y cuerpos de agua	Otros usos								Muy Baja		

Fuente: Adaptación de SENAGUA (2018).

Para obtener las variables que se utilizaron como base en la elaboración de los lineamientos para la protección de las fuentes hídricas, se aplicó el software

ArcMap 10.4, principal componente de la plataforma ArcGIS, que permitió utilizar los Sistemas de Información Geográfica (SIG) (Environmental Systems Research Institute, 2021).

3.2.3.1. Uso de suelo.

Para realizar el mapa de uso de suelo se utilizó el archivo shapefile a escala 1: 50 000 obtenido del ex Instituto Espacial Ecuatoriano (IEE) del año 2019. Se establecieron siete categorías de uso de suelo dentro de la microcuenca, y para calcular el área que ocupan en el sitio de estudio, se utilizó las herramientas “calculate geometry” y “statistics”. El mapa de uso actual de suelo permitió conocer si el uso del territorio es el adecuado atendiendo a los criterios de vulnerabilidad a la degradación (SENAGUA, 2018).

3.2.3.2. Riesgo Potencial de Degradación del Suelo.

Se obtuvo la cartografía del riesgo potencial de degradación del suelo de la microcuenca, mediante la intersección de la clasificación del riesgo de erosión, según la pendiente y la profundidad, lo que se detalla a continuación:

Clasificación del riesgo de erosión según la pendiente.

Para la elaboración del mapa de pendientes se usó el Modelo Digital de Elevación (DEM, Digital Elevation Model) del área de estudio con una resolución de 30 m de pixel, donde cada celda representa una unidad de área cuadrada y contiene un valor numérico que es la medida o estimación correspondiente a esa ubicación. Mediante el uso de la herramienta “reclassify” se reclasificaron los rangos de las pendientes para establecer el nivel de riesgo de erosión para cada categoría. Estos se determinaron de acuerdo con la metodología de SENAGUA (2018), donde se señala seis rangos de pendientes y el posible grado de erosión del suelo para cada categoría. En la Tabla 9 se detalla el porcentaje de inclinación usado en la elaboración del mapa de pendientes, el tipo de relieve al que pertenece cada una de estas y el riesgo que produce.

Tabla 9. Riesgo de erosión según la pendiente

Pendiente (%)	Relieve	Riesgo de erosión
<12	Plana a suave	Muy bajo
12-27	Moderada	Bajo
27-36	Fuerte	Medio
36-47	Muy fuerte	Medio Alto
47-58	Pronunciada	Alto
>58	Muy pronunciada	Muy Alto

Fuente: FAO (1992). Adaptación de SENAGUA (2016).

Clasificación del riesgo de pérdida de suelo según la profundidad.

El mapa de profundidad se elaboró empleando el archivo shapefile a escala 1: 50 000, adquirido en el Sistema Nacional de Información (2017). El término profundidad hace referencia a la profundidad efectiva en donde las raíces de las plantas existentes pueden penetrar sin obstáculos (Martínez, Matovelle y Astudillo, 2019). Los datos contenidos en el archivo shapefile sobre la profundidad de suelo se adaptaron a la metodología de la ex SENAGUA (2018). Para esto, se procedió a reclasificar la profundidad del suelo en la tabla de atributos y a establecer el grado de susceptibilidad a la erosión. Se generó cuatro intervalos de profundidad que van desde < 20 cm para suelos muy someros y con un riesgo de erosión alto hasta un intervalo > 90 cm para los suelos profundos donde el riesgo de erosión es bajo (Tabla 10).

Tabla 10. Riesgo de erosión según la profundidad

Profundidad (cm)	Tipo	Riesgo de pérdida de suelo
< 20	Muy someros	Muy alto
20 - 50	Someros	Alto
50 - 90	Moderadamente Profundos	Medio
> 90	Profundos	Bajo

Fuente: FAO (1992). Adaptación SENAGUA (2016).

Clasificación del riesgo potencial de degradación del suelo.

Con los datos de susceptibilidad a la degradación considerando la pendiente y la profundidad se procedió a realizar la clasificación del riesgo potencial de degradación del suelo (Tabla 11), con el objetivo de conocer las zonas dentro de la microcuenca que representan mayores amenazas en cuanto a conservación y actividades que en estas se generan.

Para obtener el mapa del riesgo potencial de degradación del suelo, se utilizó la herramienta “intersect” para intersecar los archivos shapefile de pendiente del terreno y profundidad del suelo. Luego se aplicó la herramienta “select by attributes” que permitió seleccionar entidades mediante una consulta por atributos. Esto se realizó con base a la Tabla 11, en la que se indica la combinación de cada una de las variables para establecer el riesgo potencial de degradación del suelo, donde: MB = muy bajo, B = bajo, PB = poco bajo, M = medio, PA = poco alto, A = alto, y MA = muy alto.

Tabla 11. Clasificación del riesgo potencial de degradación del suelo

	Pendiente	Suave	Moderado	Fuerte	Muy Fuerte	Pronunciada (Acusada)	Muy Pronunciada (Muy Acusada)
Profundidad	R. de Erosión R. de Pérdida de Suelo	Muy Bajo	Bajo	Medio	Medio Alto	Alto	Muy Alto
Profundo	Bajo	MB	B	PB	M	A	MA
Medianamente 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: SENAGUA (2017).

3.2.3.3. Método para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.

Las zonas de recarga hídrica son aquellas que abastecen a los acuíferos, por tanto, corresponden a las zonas de la cuenca donde el flujo vertical de la infiltración es significativo, como ejemplo: sitios planos o cóncavos y rocas permeables (CATIE,

2010). Para la identificación de las zonas potenciales de recarga hídrica se consideró la metodología propuesta por Matus, Faustino y Jiménez (2009), que indican cinco categorías de recarga mediante la combinación de las siguientes variables: pendiente y microrelieve, tipo de suelo, tipo de roca, uso de suelo y cobertura vegetal. La ponderación usada en la evaluación de cada variable está en el rango de 1 a 5, donde 1 corresponde al valor más bajo, en el cual las características son menos favorables para que ocurra la recarga y 5 pertenece al valor más alto en el que todos los factores son óptimos para que suceda la recarga hídrica. A continuación, se detalla cada uno de los elementos del modelo propuesto:

Pendiente y microrelieve.

Con el uso del DEM (SRTM) con una resolución de 30 m de pixel se elaboró el mapa de pendientes y microrelieve, mediante la reclasificación de los rangos para lo que se consideró los intervalos propuestos en la metodología de la ex SENAGUA (2018). Se generaron cinco categorías de microrelieve con su respectivo porcentaje de pendiente, posibilidad de recarga hídrica y para la ponderación se empleó la matriz que se detalla en la Tabla 12.

Tabla 12. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de pendiente y microrelieve

Microrelieve	Pendiente (%)	Posibilidad de recarga	Ponderación
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	< 12	Muy alta	5
Moderadamente ondulado o cóncavo	12 - 36	Alta	4
Ondulado/cóncavo	36 - 47	Moderada	3
Escarpado (Pronunciado)	47 - 58	Baja	2
Fuertemente escarpado	> 58	Muy baja	1

Fuente: Matus, Faustino y Jiménez (2009). SENAGUA (2016).

Tipo de suelo.

El análisis del tipo de suelo es importante porque describe la textura, porosidad, permeabilidad y compactación. Para identificar las potenciales zonas de recarga hídrica según la textura del suelo, se usó el archivo shapefile a escala 1: 50 000

obtenido del ex Instituto Espacial Ecuatoriano del año 2019. La metodología de Matus, Faustino y Jiménez (2009), se utilizó como base para la estimación de las ponderaciones de la recarga hídrica mismas que fueron adaptadas al área de estudio (Tabla 13).

Tabla 13. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según la textura del suelo

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación
Suelos franco arenosos a arenosos, con tamaño de partículas de gruesos a medios, con una rápida capacidad de infiltración.	Muy alta	5
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla, con rápida capacidad de infiltración.	Alta	4
Suelos francos limosos, con partículas de tamaño medio a finas, con moderada capacidad de infiltración.	Moderada	3
Suelos franco arcillosos, combinación de limo y arcilla, con partículas finas, suelos pesados, con muestras de compactación, con moderadamente lenta capacidad de infiltración.	Baja	2
Suelos arcillosos, muy pesados, con partículas muy finas, compactados, con muy lenta capacidad de infiltración.	Muy baja	1

Fuente: Matus, Faustino y Jiménez (2009).

Tipo de roca.

Las características de las rocas que determinan la capacidad de recarga hídrica son la porosidad y permeabilidad (CATIE, 2010). Para la elaboración del mapa litológico se usó el archivo shapefile obtenido del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) a escala 1: 100 000 del año 2017. Posteriormente, se procedió a realizar una reclasificación de la información litológica en la tabla de atributos, y luego se estableció la ponderación de la recarga hídrica para cada categoría de tipo de roca (Tabla 14).

Tabla 14. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de roca

Litología	Posibilidad de recarga	Ponderación
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados.	Muy alta	5
Rocas permeables suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados.	Alta	4
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión entre poros.	Moderada	3
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas.	Baja	2
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy baja	1

Fuente: Matus, Faustino y Jiménez (2009).

Uso de suelo.

El uso de suelo es el elemento más cambiante y con mayor influencia de la actividad humana en la microcuenca. Cuando se realizan actividades en tierras no aptas, los suelos tienden a deteriorarse favoreciendo la erosión y compactación disminuyendo la infiltración de agua en el suelo y subsuelo (CATIE, 2010). Con el uso del archivo shapefile a escala 1: 50 000 adquirido en el ex IEE (2019) se elaboró el mapa de uso de suelo. En el archivo shapefile se determinó siete tipos de uso de suelo dentro de la microcuenca (vegetación herbácea, área sin cobertura vegetal, vegetación arbustiva, páramo, bosque nativo, cuerpo de agua y tierra agropecuaria). Finalmente, para la ponderación de cada tipo de cobertura se empleó como referencia la Tabla 15 mencionada en la metodología de Matus, Faustino y Jiménez (2009).

Tabla 15. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de uso de suelo

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque con los tres estratos: árboles, arbustos, y hierbas o zacate denso	Muy alta	5
Sistemas agroforestales o silvopastoriles	Alta	4
Terrenos cultivados y con obras de conservación de suelo y agua	Moderada	3
Terrenos cultivados y sin ninguna obra de conservación para suelo y agua	Baja	2
Terrenos agropecuarios con manejo intensivo	Muy baja	1

Fuente: Matus, Faustino y Jiménez (2009).

Cobertura vegetal.

Para el análisis de la cobertura vegetal en el área de estudio se utilizó el archivo shapefile a escala 1: 50 000 del ex IEE (2019). La cobertura vegetal se expresó en porcentaje de suelo ocupado por comunidades vegetales de manera permanente. El interés del análisis de esta variable radica en que la presencia de varios estratos de cobertura vegetal conserva mejor las características de suelo y la recarga hídrica. Según los autores de la metodología, se considera los siguientes estratos: árboles, arbustos y vegetación herbácea. Estos estratos garantizan una mayor cantidad de materia orgánica, mejor retención de agua y mayor infiltración. Mediante el archivo shapefile se determinó seis clases de cobertura vegetal en la microcuenca (áreas degradadas, áreas intervenidas, bosque nativo, páramo, vegetación arbustiva y vegetación herbácea) y para estimar la ponderación de recarga hídrica para cada clase de cobertura vegetal se adaptó la información del archivo shapefile con la Tabla 16.

Tabla 16. Ponderación de la posibilidad de recarga hídrica según el tipo de cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación
Bosque nativo	Muy alta	5
Páramo	Alta	4
Vegetación arbustiva	Moderada	3
Vegetación herbácea	Baja	2
Áreas intervenidas y degradadas	Muy baja	1

Fuente: Adaptado de Matus, Faustino y Jiménez (2009).

Entonces para identificar las Zonas Potenciales de Recarga Hídrica en el área de estudio, se procedió a combinar las cinco variables en una ecuación lineal, donde se multiplicó cada resultado obtenido por su factor correspondiente y se sumaron los elementos (Ecuación 2). Este procedimiento se realizó usando el software ArcMap 10.4, donde cada uno de los archivos shapefile que contienen el análisis de las variables con sus respectivas ponderaciones se transformaron a un dataset raster, usando la herramienta “polygon to raster” y mediante la aplicación del método de álgebra de mapas se ingresó la ecuación 2 a la calculadora raster.

$$ZR = [0.27(Pend) + 0.23(Ts) + 0.12(Tr) + 0.25(Cve) + 0.13(Us)] \quad (2)$$

Donde,

ZR: zona de recarga

Pend: pendiente

Ts: tipo de suelo

Tr: tipo de roca

Cve: cobertura vegetal

Us: uso de suelo

Esta sumatoria da como resultado un número dentro de un rango de posibilidades de recarga hídrica (Tabla 17) y se debe resaltar que este método no determina la cantidad de recarga hídrica en la microcuenca, sino los factores que pueden favorecer o no a la infiltración, debido a que la ponderación se realizó en función de la importancia de cada variable en el proceso de infiltración de agua.

Tabla 17. Rangos de posibilidad de recarga hídrica

Posibilidad de recarga	Rango
Muy alta	4.1 – 5
Alta	3.5 – 4.09
Moderada	2.6 – 3.49
Baja	2 – 2.59
Muy baja	1 – 1.99

Fuente: Matus, Faustino, y Jiménez (2009).

3.3. Materiales y equipos

El instrumental a utilizarse en el desarrollo de la presente investigación se ha clasificado en materiales y equipos, se indican en la Tabla 18.

Tabla 18. Materiales y equipos

Materiales	Equipos
Cartografía base	Computadora portátil (DELL Inspiron)
Software ArGIS 10.4	Impresora EPSON
Datos de Estaciones Meteorológicas (INAMHI)	GPS
Libreta de campo	Cámara fotográfica
Fichas de campo	Molinete Flowatch
Flexómetro	Cronómetro
Flash memory	Impresora HP
Recipiente 16 l	

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización de la microcuenca con énfasis en las fuentes de agua

4.1.1. Recurso hídrico de la microcuenca del río Escudillas

La microcuenca del río Escudillas tiene una red de drenaje de tipo exorreica, esto indica que es un sistema abierto de circulación donde sus aguas desembocan a un cauce principal que termina en el Océano Pacífico, posee importantes recursos hídricos representados por ríos, quebradas, vertientes y una laguna. El mayor número de drenajes es de tipo perenne que se muestran en cursos superficiales durante todo el año, ya que aún en época seca son abastecidos y algunos de tipo intermitente que son eventuales en época lluviosa.

El río El Carmen recibe las aguas de las quebradas: Blanqueada, Cedacero, San Agustín y la quebrada del Cusumbe, de la quebrada el Cedacero se abastece de riego la parte baja de Raygrás y de la quebrada el Blanqueado se capta el agua para consumo humano de las comunidades de Pueblo Nuevo y San Rafael. Del río El Carmen se toma el agua para el sistema de riego Monte Olivo - San Rafael, en dos puntos, denominados canal alto y canal bajo.

En la parte media de la microcuenca al oriente, se localiza el río San Miguel, su afluente es la quebrada el Riñón; y al encontrarse con la quebrada Agua Amarilla se forma el río Escudillas. En la parte sur oriental se encuentra el río Córdova que es abastecido de varios afluentes directos. También existen quebradas que no presentan caudales constantes como la quebrada Chaupicorral.

En la Figura 8 se identifican los ríos y quebradas que conforman la red hídrica de la microcuenca y algunas vertientes menores que no tienen nombre. Los drenajes principales son: el río el Carmen que tiene una longitud de 9.14 km, seguido por el río San Miguel con 8.06 km y el río Córdova con una longitud de 8.04 km.

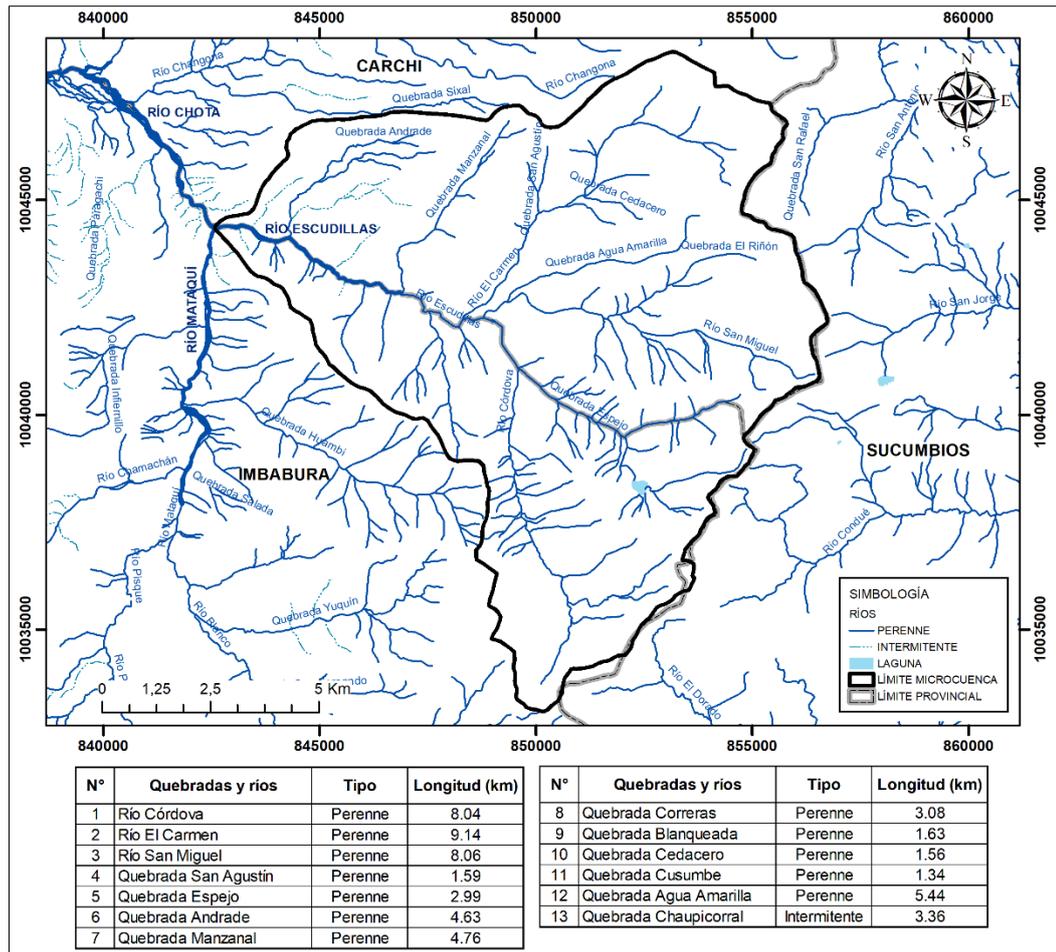


Figura 8. Red hídrica de la microcuencia del río Escudillas

4.1.2. Morfometría de la microcuencia del río Escudillas

La morfometría de cuencas hídricas constituye una importante herramienta para evaluar el funcionamiento del sistema hidrológico de una región (Maidment, 1992; Verstappen, 1983; Campos, 1992; Gregory y Walling, 1985; Fuentes Junco, 2004, como se citó en Camino et al., 2018). Las variables que permitieron caracterizar a esta microcuencia se agrupan en parámetros de forma, drenaje y relieve.

4.1.2.1. Parámetros de forma de la microcuencia.

El río Escudillas tiene una longitud de 8.50 km hasta confluir con el río Chota, encerrando un área de drenaje de 114.22 km², con dirección predominante hacia el occidente, con un perímetro de 51.58 km. Del factor de forma según Horton (*K_f*) se obtuvo un valor de 0.42, lo que indica que la forma de la microcuencia no es ni alargada ni ensanchada. A partir del valor del coeficiente de compacidad de

Gravelius (Kc) obtenido, exactamente 1.35 (Clase II), se interpreta a la microcuenca como oval redonda a oval oblonga, lo que demuestra que tiene una tendencia a concentrar grandes volúmenes de agua de escurrimiento, siendo más susceptible a la erosión.

4.1.2.2. Parámetros de relieve de la microcuenca.

La microcuenca del río Escudillas presenta una cota máxima de 3 900 msnm en la divisoria superior, y mínima de 1 800 msnm en la desembocadura del río principal, con una diferencia de elevación de 2 180 msnm. La pendiente es un parámetro que tiene influencia directa sobre el tipo de drenaje, el diseño de los cauces, la velocidad y el tipo de escorrentía, y consecuentemente en el potencial erosivo y el modelado resultante (Camino et al., 2018). La pendiente promedio en el área de estudio es de 27.36 % que la cataloga como una microcuenca con un terreno fuertemente accidentado con laderas empinadas en la mayor parte del área de estudio.

4.1.2.3. Parámetros de drenaje de la microcuenca.

La red de drenaje de la microcuenca corresponde a un sistema dendrítico que se caracteriza por mostrar una ramificación arborescente en la que los tributarios se unen a la corriente principal (río Escudillas). El número de orden máximo de cursos de agua o grado de bifurcación es de cinco, lo que indica la extensión de la red de corrientes dentro del microcuenca (Figura 9). El valor de la densidad de drenaje (Dd) alcanzado es de 1.94 km/km², lo que da a entender que la respuesta de la microcuenca frente a las precipitaciones es moderadamente rápida, a mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor.

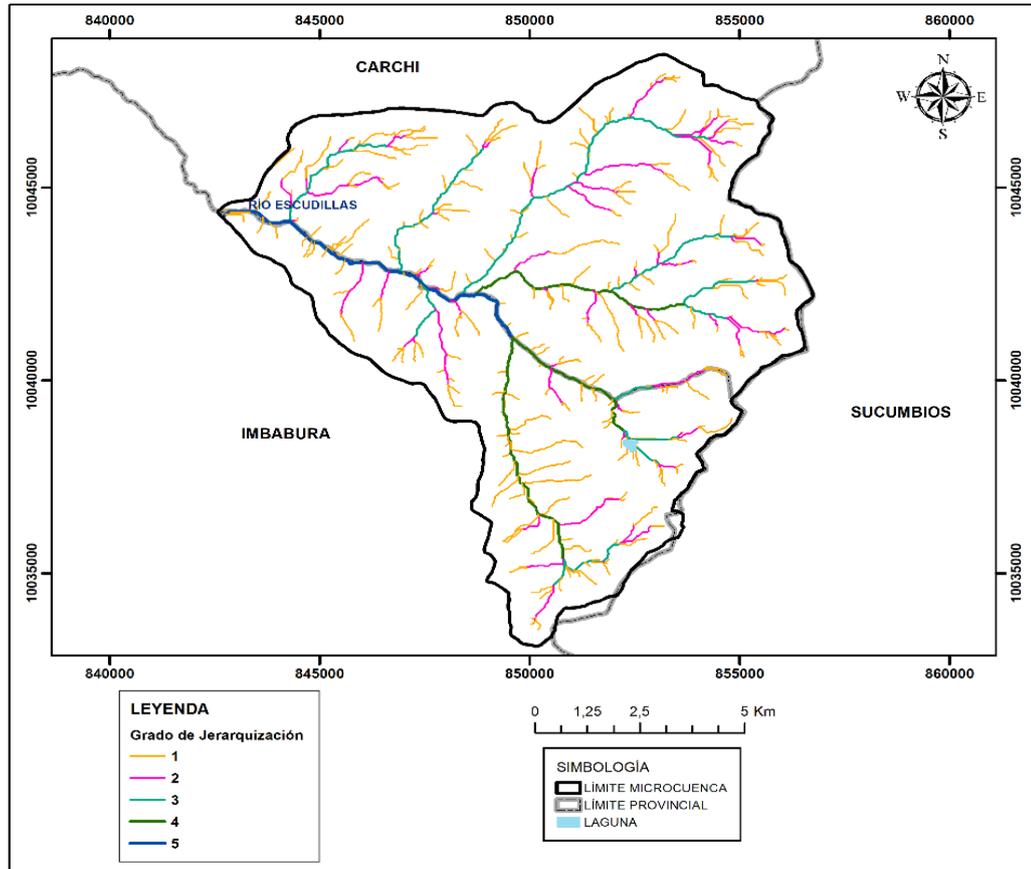


Figura 9. Jerarquización de la red hídrica de la microcuenca del río Escudillas

4.1.3. Identificación y georreferenciación de las fuentes de agua de la microcuenca

El uso del recurso hídrico en el área estudio según información obtenida de la ex Secretaría Nacional del Agua (2018), está distribuido para el sector: doméstico, riego, piscícola, industrial, abrevaderos, e hidroelectricidad, proyectando la demanda hídrica social de la microcuenca en 2 810.87 l/s. Dentro del área de estudio se identificaron 67 concesiones de agua que se describen a mayor detalle en el Anexo 2 y las seleccionadas para el estudio fueron las siguientes (Tabla 19):

Tabla 19. Fuentes de agua seleccionadas en la microcuenca del río Escudillas

Nombre Concesión	Provincia/Cantón	Uso	Coordenada (x;y)	Cota (msnm)
Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Carchi-Bolívar	Riego	183944; 10042319	2 649
Comunidad San Agustín	Carchi-Bolívar	Doméstica	181916; 10045537	2 869
CORSINOR	Imbabura-Pimampiro	Riego	181601; 10038190	2 927
Comunidad El Manzanal 2	Carchi-Bolívar	Doméstica	181835; 10045869	3 057
Comunidad El Manzanal 1	Carchi-Bolívar	Doméstica	182392; 10046319	3 265
Comunidad Monte Olivo 1	Carchi-Bolívar	Doméstica	184268, 10044796	3 094
Comunidad Monte Olivo 2	Carchi-Bolívar	Doméstica	183545; 10044294	3 017
Comunidad Monte Olivo 3	Carchi-Bolívar	Doméstica	181863; 10043575	2 432

En la Figura 10, se observa la ubicación de las fuentes de aguas subterráneas y superficiales, así también como la estructura de captación del recurso hídrico.

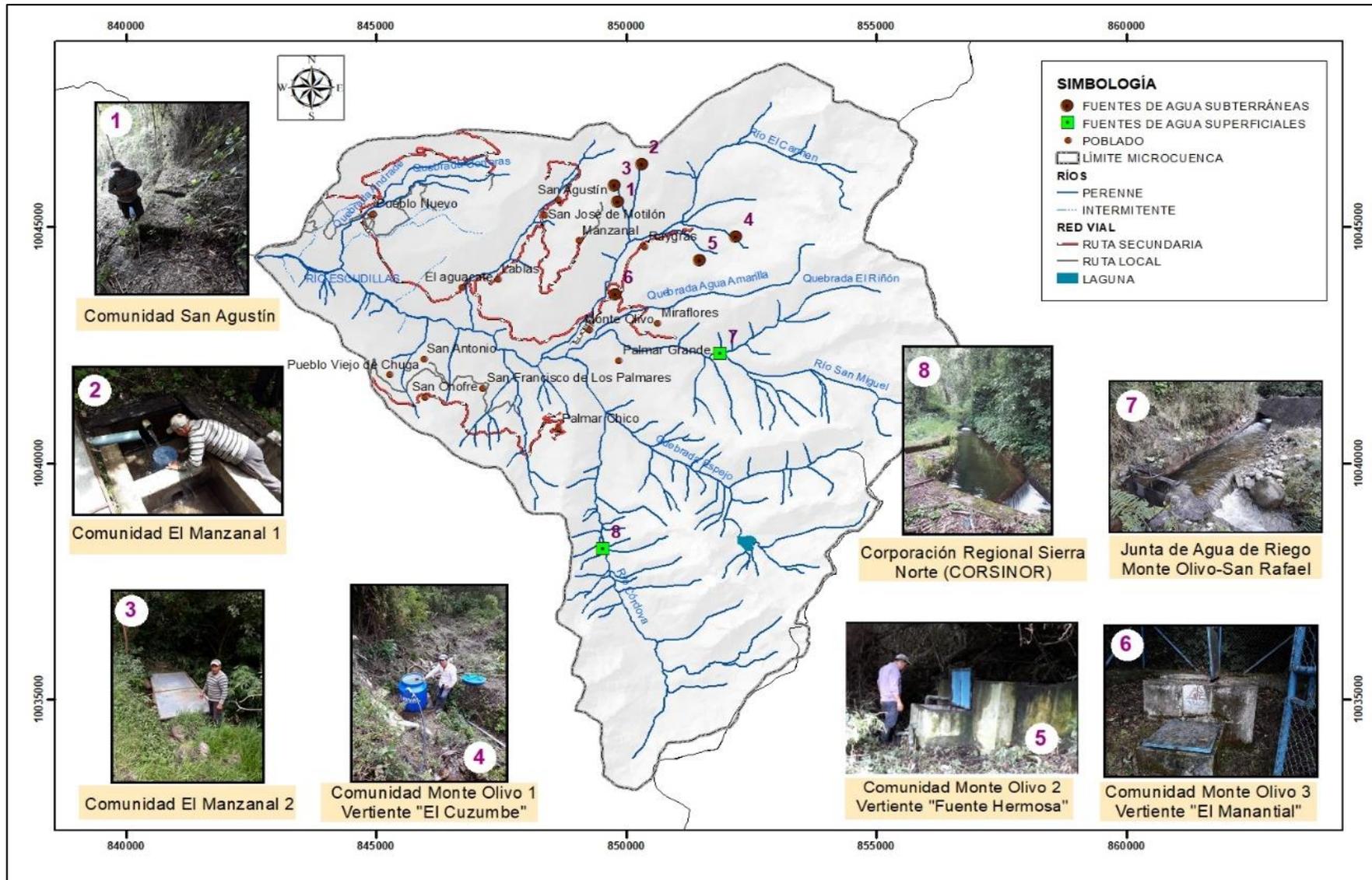


Figura 10. Ubicación de las fuentes de agua seleccionadas en la microcuenca del río Escudillas

4.1.4. Aforo de las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas

El aforo de las fuentes de agua permitió observar la variabilidad del caudal y demanda del recurso hídrico en las comunidades. La Tabla 20 indica que los caudales de las fuentes de agua para uso doméstico en la época lluviosa son medianamente altos en comparación con los caudales de la época seca, esto demuestra que existe un incremento del volumen de agua en las vertientes, mismas que son de tipo subterráneo. Los valores de los caudales en la época lluviosa se encuentran en el rango de 1.01 a 2.28 l/s, mientras que en la época seca oscilan desde 0.44 a 1.73 l/s. Se debe considerar que los caudales aforados en las diferentes captaciones de uso doméstico se ubican en la parte alta de la microcuenca donde existen fuertes pendientes lo que favorece al escurrimiento superficial reduciendo el suministro subterráneo.

Tabla 20. Caudales de las principales vertientes de uso doméstico

		Comunidad Monte Olivo			Comunidad El Manzanal		Comunidad San Agustín
		El Cuzumbe (l/s)	Fuente Hermosa (l/s)	El Manantial (l/s)	Manzanal 1 (l/s)	Manzanal 2 (l/s)	San Agustín (l/s)
Época seca	Julio	1.61	1.15	1.73	1.11	0.44	0.72
	Agosto	1.59	0.98	1.69	1.38	0.70	0.99
	Septiembre	1.64	0.88	1.65	1.05	0.79	0.99
Época lluviosa	Marzo	1.81	1.41	2.28	1.51	1.23	0.98
	Abril	1.67	1.28	1.92	1.50	2.06	1.13
	Mayo	1.64	1.27	1.90	1.58	1.61	1.01

En la Tabla 21 se observa los caudales de las fuentes de agua superficiales que abastecen a los canales de riego indicados en el estudio. Para el caso del canal de riego Monte Olivo – San Rafael, los valores de los caudales en la época seca oscilan entre 84.93 a 410.7 l/s, y para la concesión a nombre de CORSINOR se encuentran en el rango entre 156.0 a 457.6 l/s. Durante la época lluviosa las captaciones de agua permanecen cerradas, debido a las fuertes precipitaciones que ocurren en la microcuenca. Por otra parte, se debe mencionar que estas estructuras de captación

son afectadas por los constantes derrumbes, que producen deslizamientos de suelo en las laderas del terreno, lo que obstruye la circulación del agua a los usuarios de este recurso hídrico.

Tabla 21. Caudales de las fuentes de agua para riego

		CORSINOR / (l/s)	Canal de Riego Monte Olivo-San Rafael / (l/s)
Época seca	Julio	457.6	297.2
	Agosto	158.0	84.93
	Septiembre	156.0	410.7
Época lluviosa	Marzo	Cerrada	Cerrada
	Abril	Cerrada	Cerrada
	Mayo	Cerrada	251.5

Según información de la ex SENAGUA, la concesión a nombre de la antigua CORSINOR tiene un caudal autorizado de 1 200 l/s, sin embargo, en la actualidad se aprovecha 400 l/s: 360 l/s para agua de riego de la Parroquia de Chugá a través de la Junta de Agua de Riego “La Magdalena”, 20 l/s para agua potable del Cantón Pimampiro y 20 l/s para uso de agua potable para la Comunidad de Paragachi (C. Lascano, comunicación personal, 24 de octubre de 2020).

Es importante tener en consideración que los valores de caudales de las fuentes de agua estudiadas dependen del factor naturaleza y factor humano, debido a que los operarios de estas fuentes de captación regulan el flujo del caudal según la demanda. Por tanto, los valores de caudales obtenidos en campo varían considerablemente en relación a los valores de la ex SENAGUA que se refieren al caudal autorizado.

4.2. Definición de las áreas de protección hídrica en la microcuenca

4.2.1. Delimitación de las áreas de influencia de las fuentes de agua para uso doméstico y de riego

Se estableció tres áreas de influencia en la microcuenca. Las vertientes subterráneas de uso doméstico se delimitaron dentro de una sola área de influencia, misma que tiene un área de 20 km² y un perímetro de 19 km. Las vertientes que se encuentran

dentro de esta área, son las siguientes: Comunidad Manzanal 1 y 2, Comunidad San Agustín, Comunidad Monte Olivo 1 - Fuente el Cuzumbe, Comunidad Monte Olivo 2 – Fuente Hermosa y Comunidad Monte Olivo 3 – Fuente El Manantial (Figura 11).

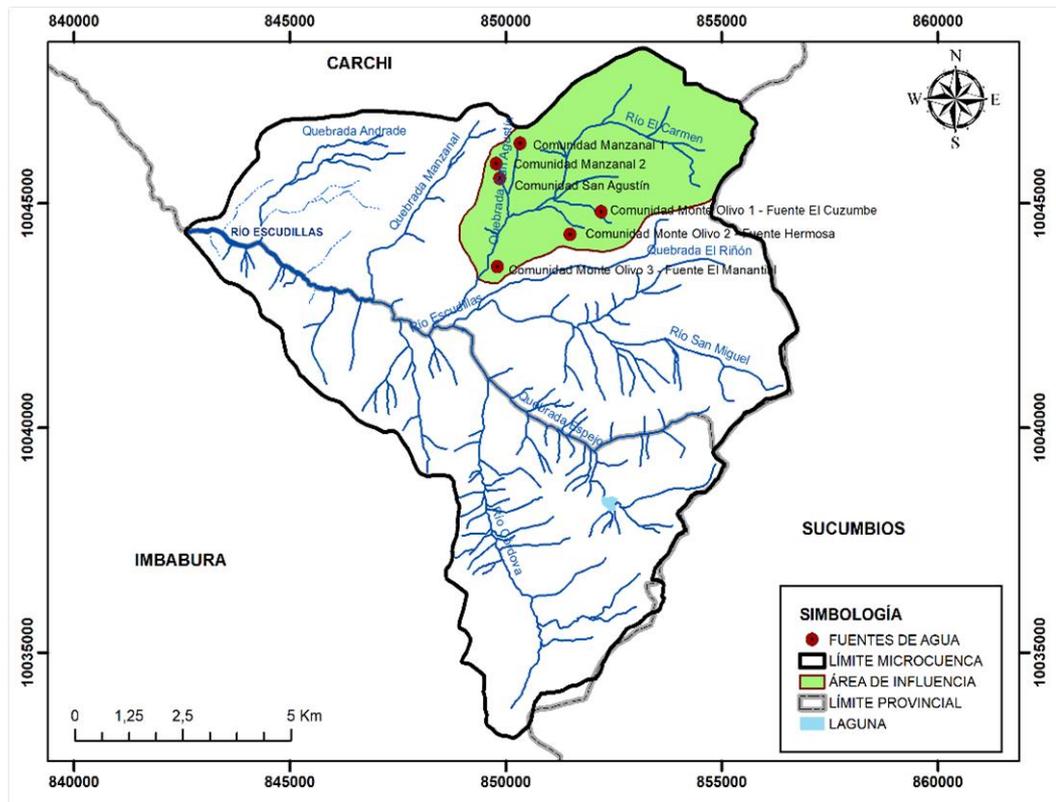


Figura 11. Área de influencia para las fuentes de agua de uso doméstico en la microcuenca del río Escudillas

Para las fuentes de agua superficiales se delimitó dos áreas de influencia, las cuales presentan las siguientes dimensiones: la concesión de agua a nombre de CORSINOR ubicada en el cantón Pimampiro, tiene un área de 16 km² y un perímetro de 18 km. Mientras que el área de influencia del Canal de Riego Monte Olivo - San Rafael, ubicado en el cantón de Bolívar, tiene un área de 15 km² y un perímetro de 16 km, respectivamente (Figura 12).

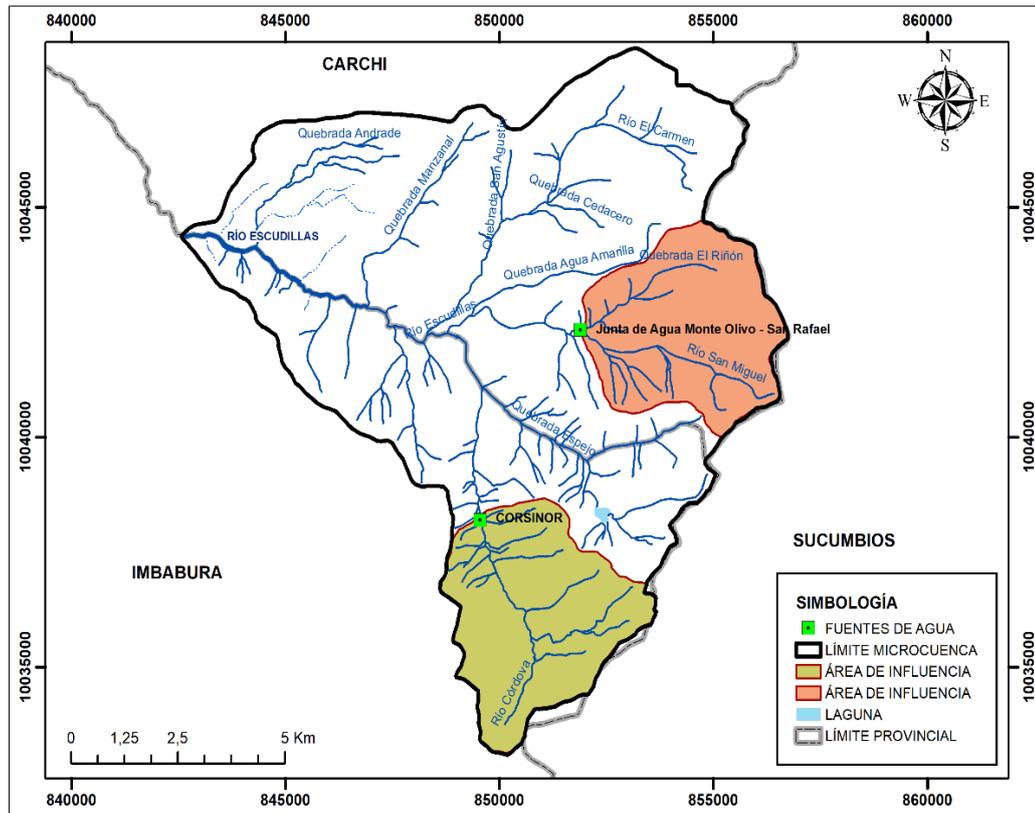


Figura 12. Áreas de influencia de las fuentes de agua superficiales en la microcuenca del río Escudillas

Dentro de las áreas de influencia delimitadas será necesario aplicar medidas de manejo, así también como restringir las actividades que alteren el suelo y el agua, para así conservar y proteger el recurso hídrico.

4.3. Lineamientos técnicos para la protección de las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas

4.3.1. Análisis de la caracterización física de la microcuenca

4.3.1.1. Uso de suelo en la microcuenca.

Se identificaron siete tipos de uso de suelo donde la distribución es muy variable. Aproximadamente un 50 % de suelo están ocupados por bosque nativo con el 32.66 % (3 730.22 ha) y páramo con 23.44 % (2 677.41 ha), ubicándose en la parte alta de la microcuenca, lo cual coincide con las zonas donde se encuentran las captaciones de agua estudiadas. La vegetación arbustiva ocupa el 5.41 % del área total y se extiende en la parte baja de la microcuenca. Las actividades agropecuarias

se desarrollan en las partes medias y bajas del área de estudio cubriendo alrededor del 38.14 % (4 356.21 ha) de suelo, además coinciden con los lugares en donde existen mayor cantidad de comunidades (Figura 13).

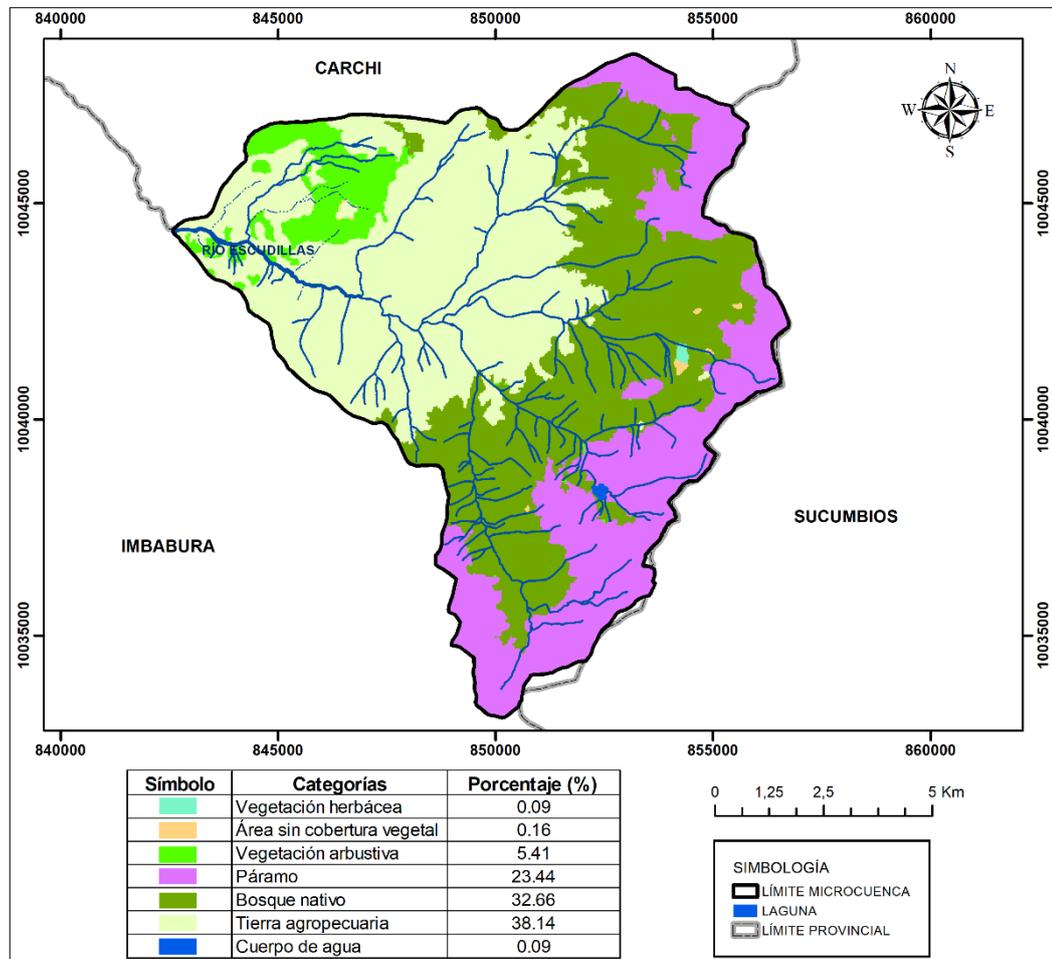


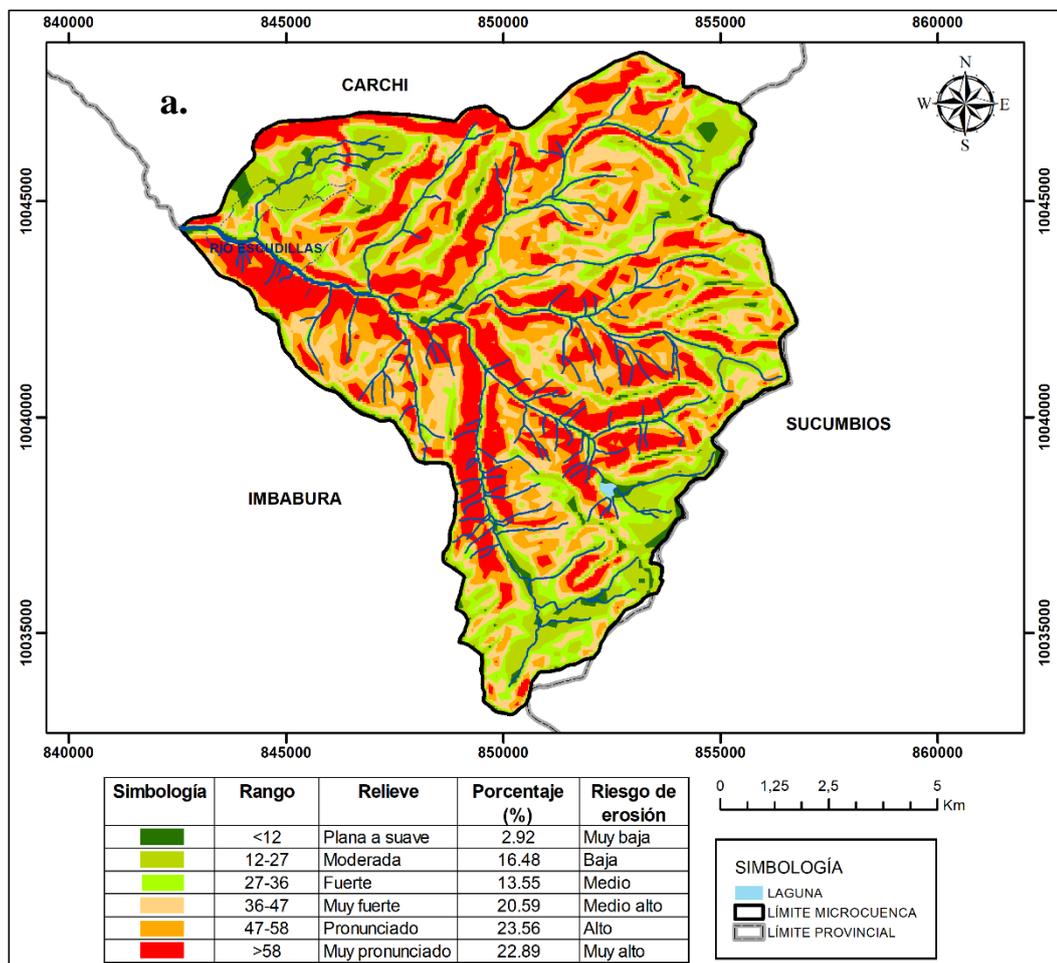
Figura 13. Uso de suelo en la microcuena del río Escudillas

4.3.1.2. Riesgo Potencial de Degradación del Suelo en la microcuena.

El principal parámetro para el análisis de riesgo de erosión en pendientes es el grado de inclinación (Lee y Min, 2001), ya que influye directamente en los deslizamientos (Demir, 2019). Según la cartografía elaborada se evidenció que los relieves muy pronunciados (22.89 %), pronunciados (23.56 %) y muy fuertes (20.59 %) son los que ocupan mayor parte de la microcuena, ubicándose en 7 658.02 ha respectivamente, áreas que están expuestas a mayor riesgo de erosión del suelo debido a que su grado de inclinación está entre 36 a >58. El relieve de clase fuerte con un rango de inclinación de 27 - 36 cubre el 13.55 % del terreno, seguido por el

relieve de tipo moderado y de plano a suave que no sobrepasan el 20% de la superficie total (Figura 14a.).

El riesgo de erosión según la profundidad del suelo se clasificó desde bajo, representado por suelos profundos (>90 cm), que son los que no han tenido intervención alguna y mantienen sus propiedades, ocupando el 0.07 % del suelo en la microcuenca, un valor mínimo en relación a la superficie total de estudio. Se puede observar que gran parte del territorio tiene profundidades que hacen relación a suelos sómeros (20-50 cm) que se encuentran en un 56.83 % del área de la microcuenca y tienen una predisposición media alta a la erosión. Los suelos muy sómeros son aquellos donde las raíces alcanzan hasta una profundidad de 20 cm y tienen una erosión muy alta ya que han sido fuertemente intervenidos para la producción pecuaria y agrícola, estos se extienden por un área de 5 057.22 ha, ocupando 44.27 % de la superficie estudiada (Figura 14b.).



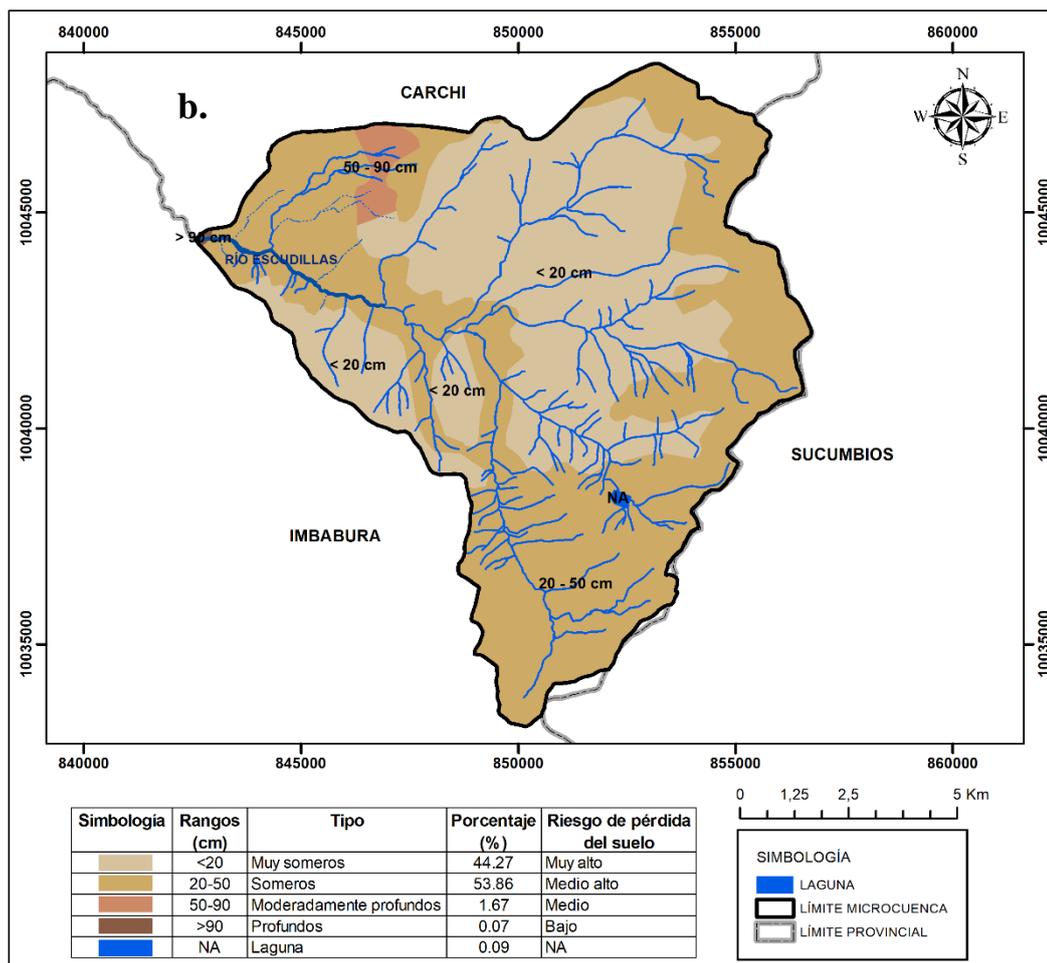


Figura 14. Variables para el riesgo potencial de degradación del suelo en la microcuenca del río Escudillas

Nota: las variables de acuerdo al método son: a) riesgo de erosión según la pendiente y b) riesgo de pérdida de suelo según la profundidad.

En la Figura 15 se observa el riesgo potencial de degradación del suelo en la microcuenca, que se generó al cruzar la información de las pendientes con la profundidad del suelo. El 29.30 % del área presenta un riesgo de erosión poco alto y el 46.24 % del territorio un riesgo de erosión alto que indican las zonas más propensas a sufrir degradación si se realiza alguna actividad antrópica, estas se ubican en las partes bajas, medias y altas de la microcuenca en las laderas de los cauces de los ríos. Por otra parte, el 23.93 % del área está predispuesta a un riesgo de erosión medianamente bajo, por lo que estos lugares serían ideales para realizar actividades productivas, ya que su pendiente tiende a ser casi plana, sin embargo, éstas se encuentran ocupadas por páramo y vegetación arbustiva.

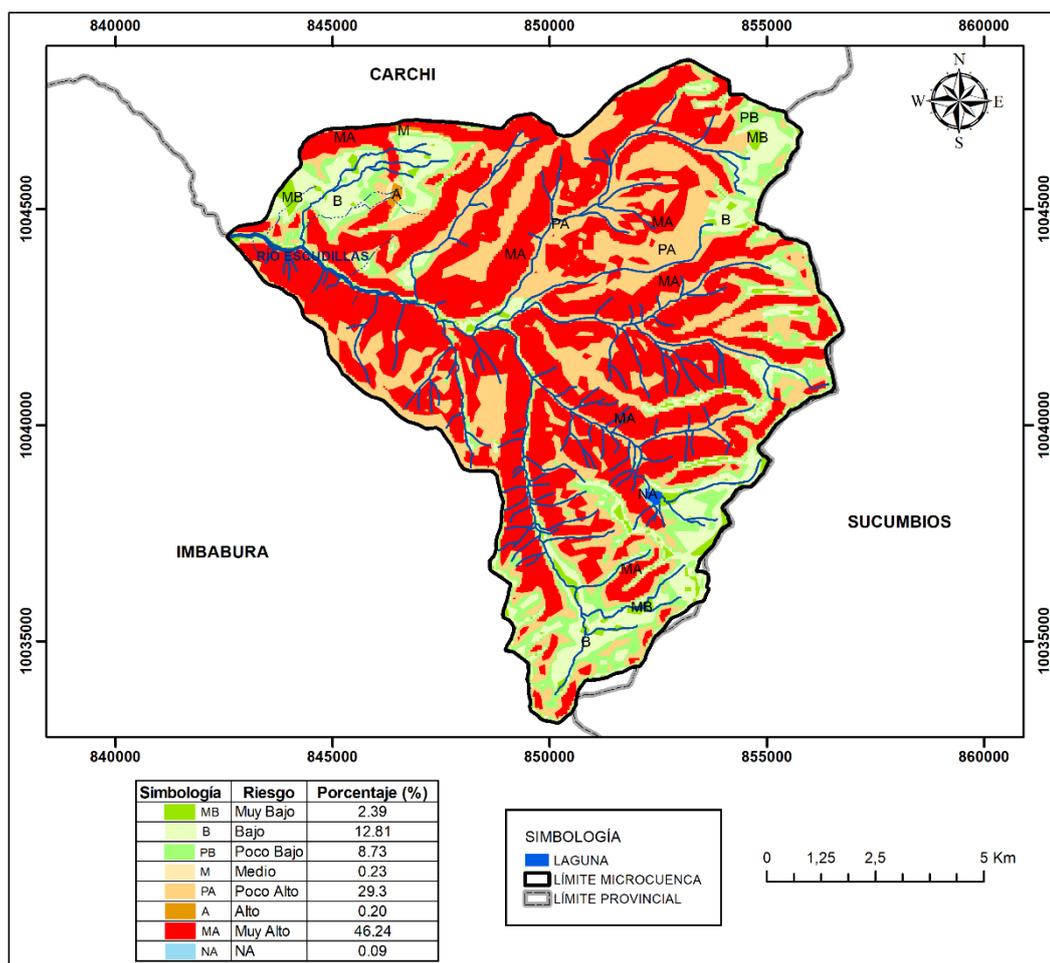


Figura 15. Riesgo Potencial de Degradación del suelo de la microcuenca del río Escudillas

4.3.1.3. Potencial de Recarga Hídrica en la microcuenca.

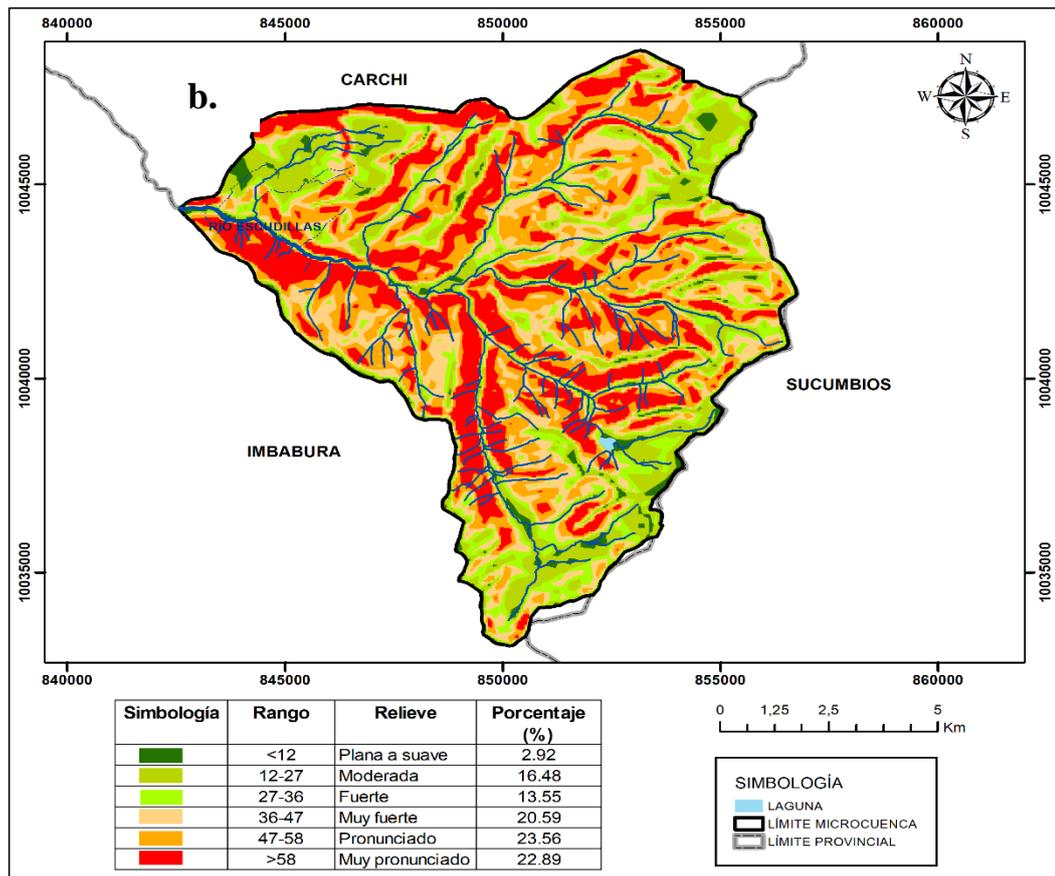
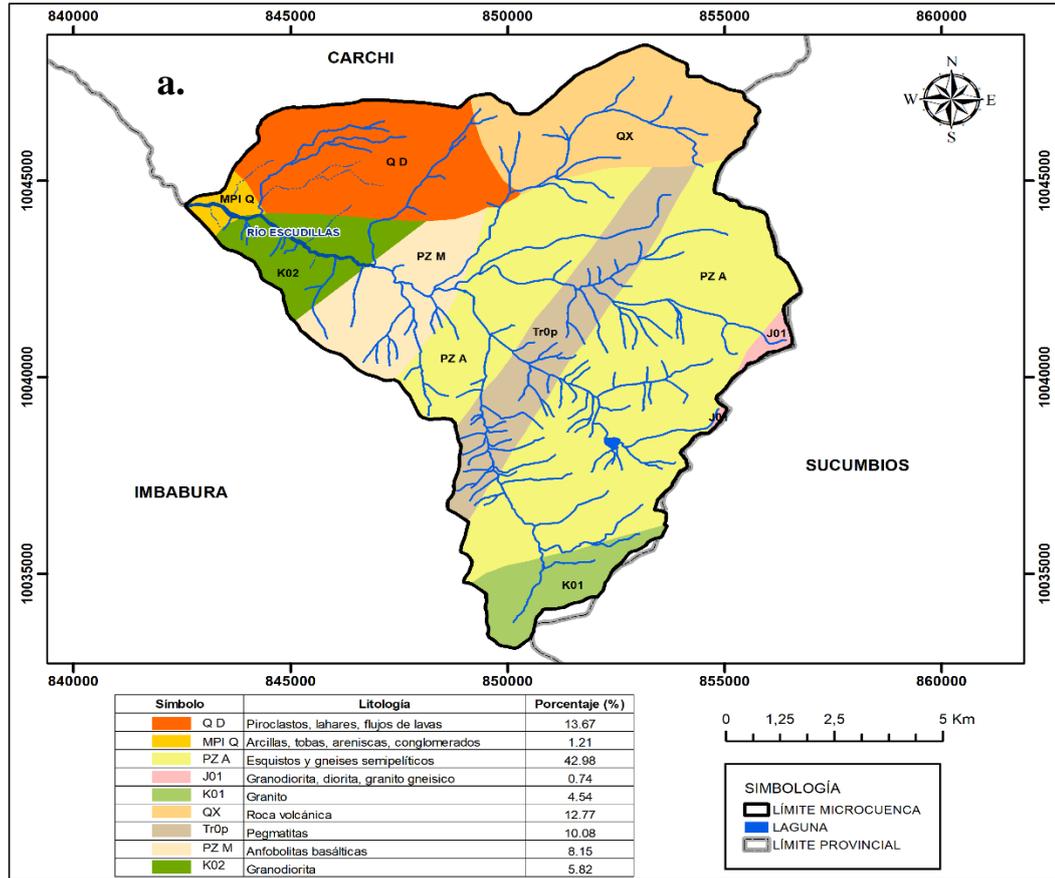
Las características litológicas son significativas, ya que la infiltración del agua precipitada en los acuíferos subterráneos se rige por la porosidad y permeabilidad de la capa superficial (Zhu y Abdelkareem, 2021). El 32.02 % del área de estudio está constituida por partículas muy finas, que no presentan fracturas, son rocas duras y compactadas con una permeabilidad muy baja, representadas en 3 659.51 ha formadas por material geológico del periodo Jurásico, Cretáceo y Paleozoico, compuesto por rocas del tipo granodiorita, diorita, granito gnésico (0.73 %), granito (4.55 %), rocas volcánicas (12.77 %), anfobolitas basálticas (8.15 %), y granodiorita (5.83 %). Los esquistos y gneises semipelíticos formados en el periodo Paleozoico ocupan el 42.99 % de la superficie de la microcuenca, se caracterizan por ser rocas medianamente permeables con posibilidad de recarga moderada. El

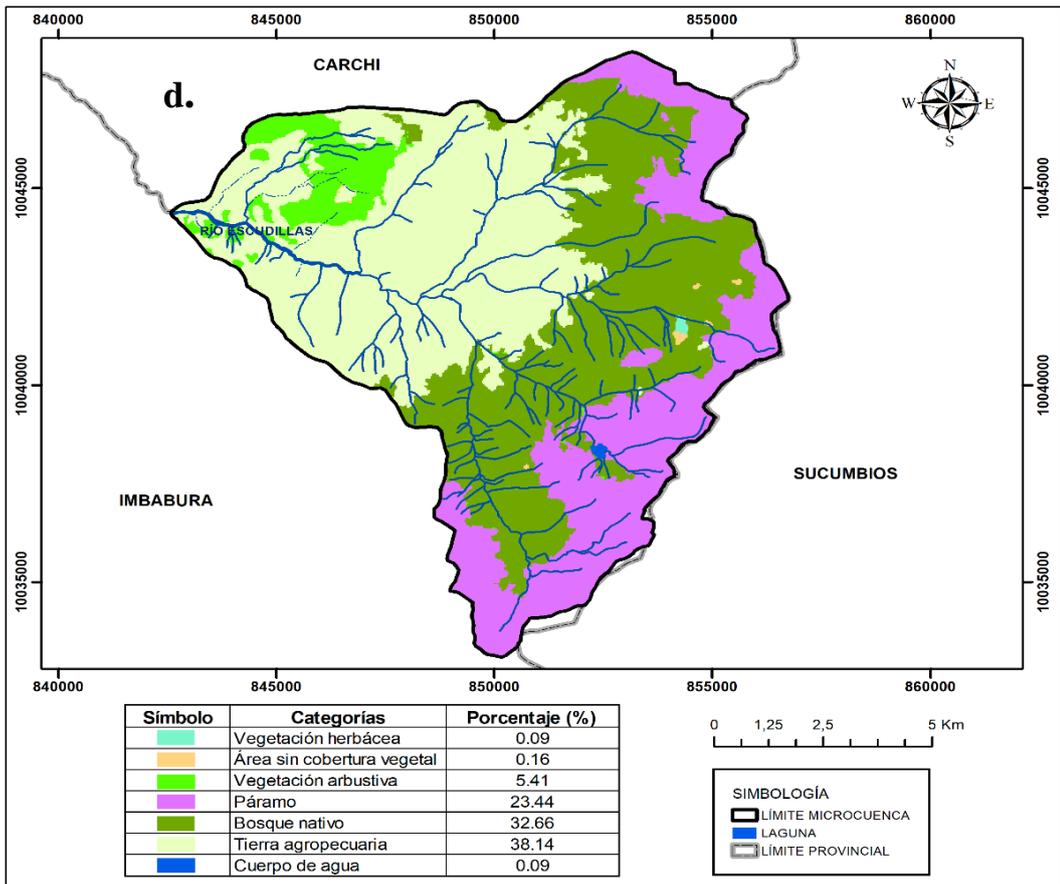
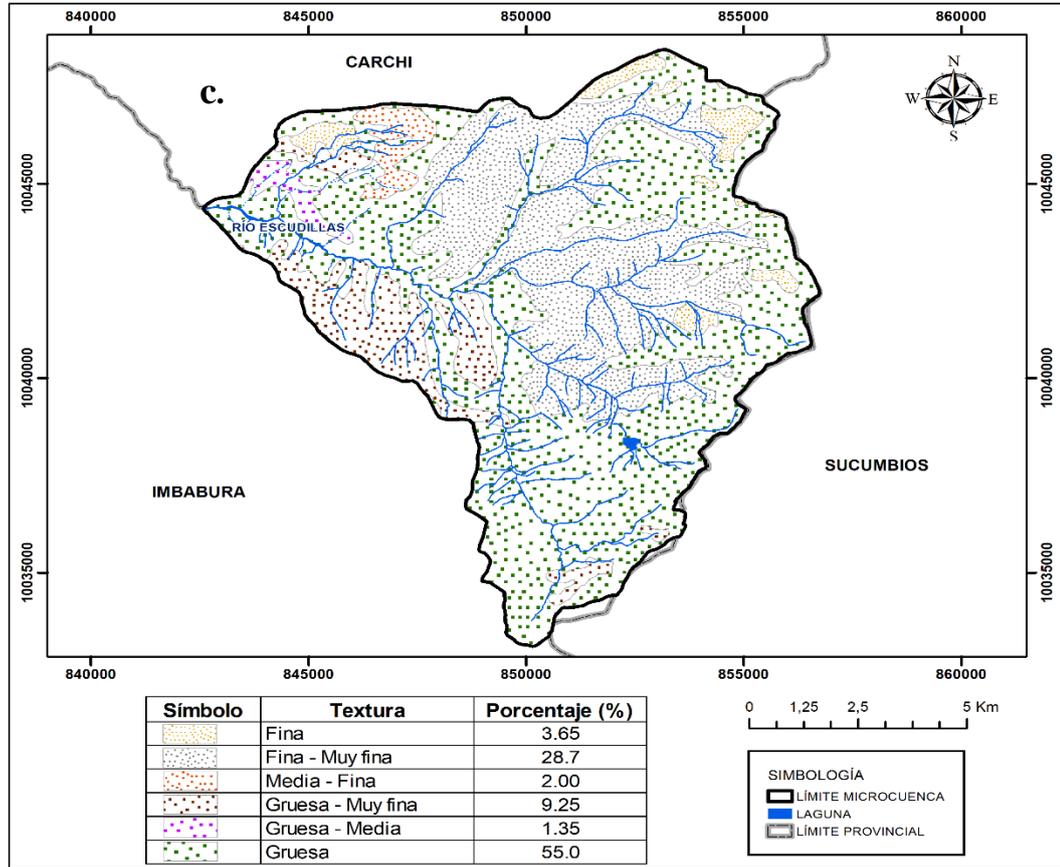
24.96 % presenta rocas muy permeables con posibilidad de recarga muy alta, ocupan 2 852.61 ha del territorio, formadas por material geológico del cuaternario, mioceno/plioceno y triásico, compuestos por piroclastos, lahares, flujos de lavas (13.67 %), arcillas, tobas, areniscas, conglomerados (1.21 %), y pegmatitas (10.08 %) (Figura 16a.).

El área de pendiente alta da como resultado una escorrentía rápida y un período de retención bajo para infiltrar el agua considerándose pobre para la recarga del agua subterránea (Kadam et al., 2020), debido a la presencia de un sistema montañoso fuerte, que se encuentran en el 67.04% de la microcuenca. Por otra parte, el relieve moderado ocupa el 16.48 %, específicamente 1 882.57 ha, seguido del relieve fuerte con 13.55% y del relieve plano a suave que tiene un potencial de agua subterránea alto debido a la infiltración (Anbarasu et al., 2020), este se encuentra el 2.92 % de la superficie total de la microcuenca (Figura 16b.).

En el área de estudio los suelos con textura gruesa son los dominantes y cubren el 55 % de la microcuenca, están constituidos por suelos franco arenosos a arenosos con una rápida capacidad de infiltración. Seguido por los suelos de textura fina y muy fina que se presentan en el 28.70 % de la superficie, y se ubican en la parte media del área de estudio, conformados por suelos arcillosos con muy lenta capacidad de infiltración (Figura 16c.).

En relación al uso de suelo y cobertura vegetal se observa que la actividad agropecuaria constituye la mayor superficie 38.14 % y presentan una posibilidad de recarga baja. El páramo (23.44 %) y bosques nativos (32.66%) están localizados en la parte extrema oriental y tienen una muy alta posibilidad de infiltración. Se identifica áreas con vegetación arbustiva (5.41 %) al noroccidente de la microcuenca indicando una capacidad de infiltración de agua regular y se registran pequeñas áreas sin cobertura vegetal al oriente del área de estudio que tienen una posibilidad de recarga hídrica baja (Figura 16d, 16e).





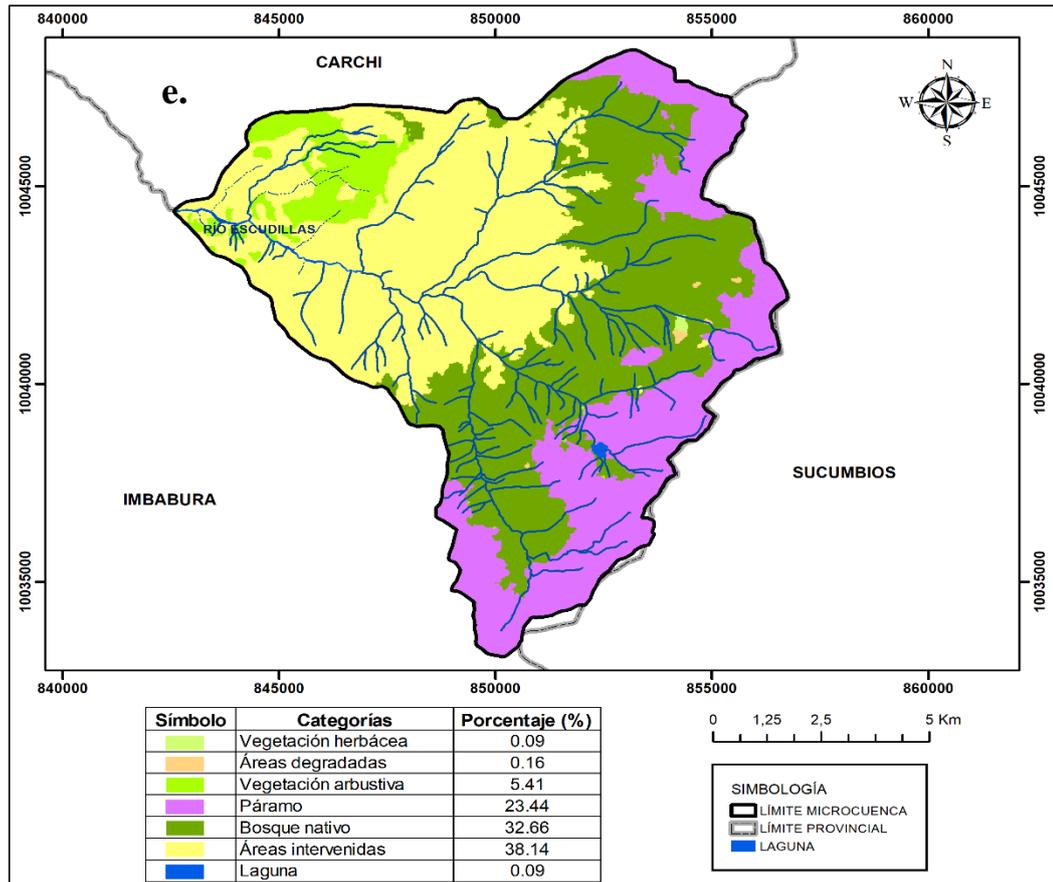


Figura 16. Variables para el potencial de recarga hídrica de la microcuenca del río Escudillas

Nota: Las variables de acuerdo al método son: a) litología, b) pendiente, c) textura, d) uso de suelo y e) cobertura vegetal.

En el mapa del potencial de recarga hídrica se observa que 16.88 % de la superficie presenta muy alto potencial de recarga; 25.19 %, potencial alto; 26.30 %, potencial moderado; 16.17 %, potencial bajo, y 15.45 %, muy bajo. Las zonas de potencial muy alto y alto están en las partes altas de la microcuenca, lugar donde se ubican las captaciones de agua del presente estudio. Las zonas de potencial de recarga bajo y muy bajo se localizan en la parte media del territorio de la microcuenca, estas son áreas donde existen asentamientos humanos, y se desarrolla la producción agropecuaria. Con base, a los datos obtenidos se manifiesta que la cantidad de agua que se precipita y queda disponible en la microcuenca tiene de moderadas a altas posibilidades de que se infiltre y recargue los acuíferos (Figura 17).

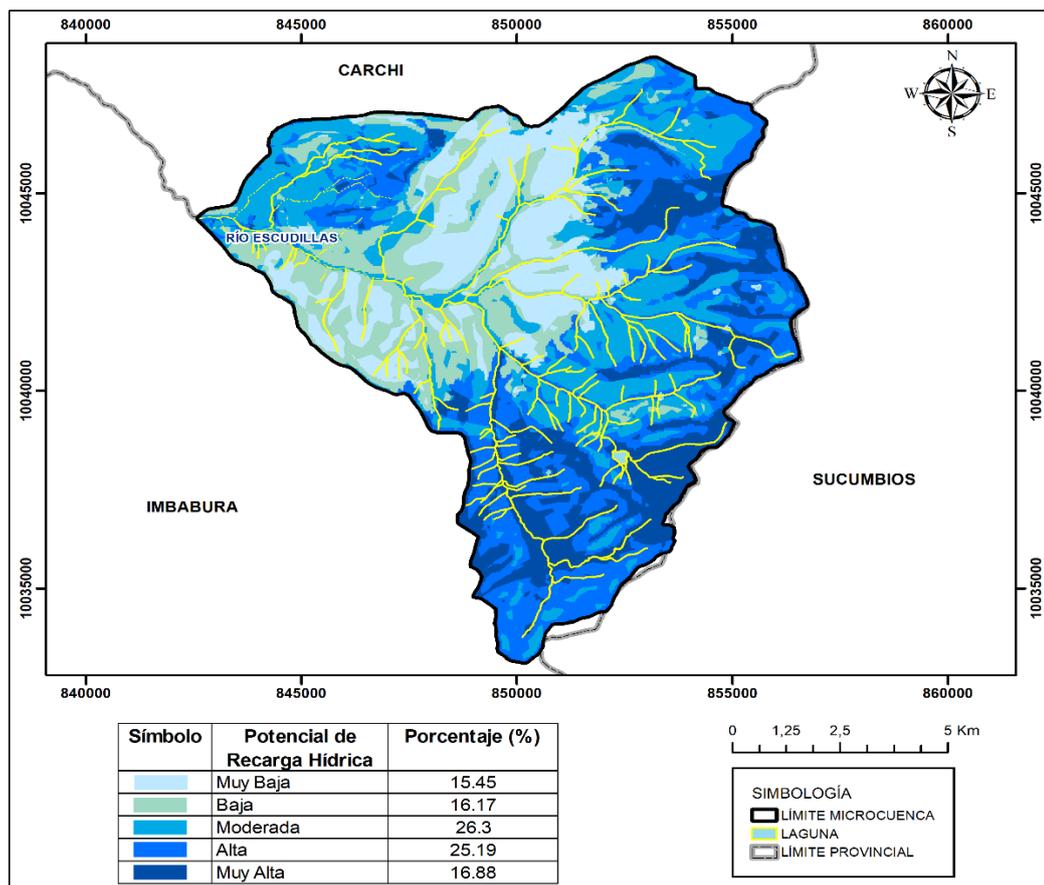


Figura 17. Potencial de Recarga Hídrica de la microcuenca del río Escudillas

4.3.2. Lineamientos para la protección de las fuentes de agua

Los lineamientos técnicos que se proponen a continuación tienen como objetivo orientar el uso de los recursos hídricos y ecosistemas asociados, con el propósito de armonizar el aprovechamiento y conservación de estos. El uso adecuado de los ecosistemas de la microcuenca constituye uno de los factores clave para garantizar el equilibrio entre el desarrollo de las actividades económicas y la conservación de la microcuenca. En el mapa de lineamientos se indica que en la mayor parte del territorio se requieren acciones de conservación y preservación de fuentes de agua, 32.66 % y 28.99 %, respectivamente. Las acciones de restauración para suelos erosionados deberán ejecutarse en el 29.38 % del territorio, específicamente en la parte media del área de estudio que es donde existe mayor producción agrícola, mientras que las acciones orientadas al uso adecuado de pastizales y cultivos serán necesarias en el 9.01% del total de la superficie (Figura 18).

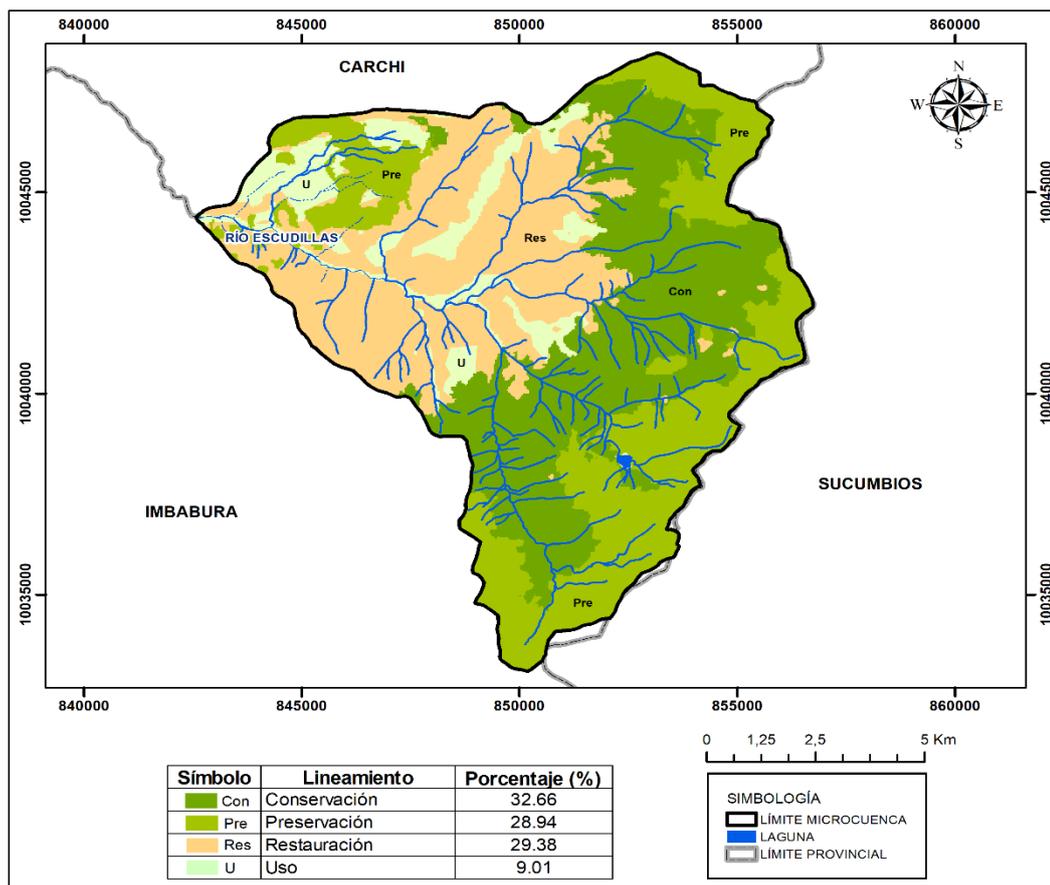


Figura 18. Zonificación de lineamientos para la protección de las fuentes de agua en la microcuenca del río Escudillas

Sobre la base del diagnóstico realizado, se plantean los siguientes lineamientos con sus respectivas acciones dirigidas a la conservación y preservación de las fuentes hídricas, uso adecuado del suelo y restauración de áreas erosionadas.

4.3.2.1. Lineamiento 1. Conservación de las fuentes de agua

Toda actividad humana genera un impacto al medio en el que se desarrolla, estos impactos son más notorios en lugares que no cuentan con un manejo adecuado de la producción agrícola, ganadera y turística, que afecta de manera directa e indirecta al recurso hídrico (Martínez et al., 2019). Por lo general los sitios más afectados con las consecuencias de la contaminación puntual son los cuerpos de agua superficial, donde la concentración es más intensa en el lugar de origen y disminuye conforme avanza en el cuerpo receptor (González, 2017). Mientras que las fuentes de contaminación difusa descargan contaminantes al agua superficial y subterránea en grandes áreas de terreno, que genera graves problemas con el paso del tiempo

debido a que la contaminación alcanza zonas muy extensas que afectan al suelo y agua del lugar (Martínez et al., 2019).

La contaminación del recurso hídrico reduce la productividad de los sistemas de producción agropecuarios, por un lado limita las posibilidades de riego y por otro facilita la transmisión de enfermedades infectocontagiosas en los pobladores locales (Vieira, 2002). Además, las sustancias contaminantes se pueden infiltrar en los acuíferos disminuyendo la calidad del agua subterránea y superficial (González, 2011). Las fuentes hídricas que constituyen las capas freáticas y las aguas de superficie no son inagotables. Por tanto, es preciso administrar los recursos hídricos de una manera realmente apropiada, aplicando medidas para mejorar la gestión del agua y contribuir a su conservación.

Las prácticas dirigidas a la conservación de fuentes hídricas deben aplicarse en la parte alta de la microcuenca en zonas de recarga hídrica alta, caracterizada por la presencia de bosque nativo. Este lineamiento tiene como responsables principales a las Juntas Parroquiales de Monte Olivo, Chugá y San Francisco de Sigsipamba, además de los Gobiernos Provinciales de Carchi e Imbabura y está dirigida específicamente a las Juntas de Agua para consumo humano y riego, que son los usuarios del recurso hídrico y principales actores de la conservación (Tabla 22).

Tabla 22. Acciones dirigidas a la conservación de las fuentes de agua

Acciones	Presupuesto estimado	Responsables
a) Adaptación de medidas para reducir el desperdicio del recurso agua para consumo humano y uso agrícola, mediante el mejoramiento de las estructuras de captación de agua para uso doméstico y la tecnificación de los sistemas de riego.	\$ 15 000	Gobierno Provincial de Carchi e Imbabura, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, ONG's y Juntas de Agua para consumo humano y riego.
b) Promoción de campañas de concienciación para evitar la tala del bosque nativo y la quema de vegetación en las tierras agrícolas, debido a que estas acciones favorecen a la erosión y disminuyen la infiltración del agua en la microcuenca.		
c) Motivación para el desarrollo de buenas prácticas de limpieza en zonas aledañas a las fuentes de agua para garantizar la calidad del recurso hídrico.		

4.3.2.2. Lineamiento 2. Preservación de las fuentes de agua

Las fuentes de agua superficiales y subterráneas son eje de desarrollo de las actividades humanas, permiten el abastecimiento para las diferentes acciones socioeconómicas que se desarrollan en asentamientos poblacionales, no obstante, estas actividades causan alteración y deterioro del recurso hídrico, asociado principalmente con descargas de aguas residuales domésticas, industriales y de producción agrícola y ganadera (Torres, Cruz y Patiño, 2009; Varol y Davraz, 2015). El deterioro de las zonas de recarga hídrica de las cuencas hidrográficas está causando una acelerada reducción de la disponibilidad de las fuentes de agua superficiales y subterráneas para usos múltiples, que son amenazadas por la erosión del recurso suelo, compactación y la deforestación, sobre todo en zonas de pendientes muy inclinadas que favorecen la escorrentía (González, 2011).

Las zonas de captura y de protección de los manantiales están relacionadas a las variaciones de uso del suelo (López et al., 2021) porque modifican las tasas de recarga y el transporte de contaminantes, debido a que la cobertura y uso del suelo son factores esenciales que inciden en el potencial de recarga hídrica (Matomela, Li y Ikhumhen, 2020).

Las acciones orientadas a la preservación de las fuentes de agua deben realizarse con mayor énfasis en la parte alta de la microcuenca, en sitios de recarga hídrica muy alta y alta por sus características físicas de permeabilidad. Además, será necesario mantener los linderos de las fuentes de agua superficiales que abastecen a las comunidades, así también como establecer sitios propicios para la producción ganadera, donde se utilice el pastoreo rotativo y sistemas silvopastoriles que permitan mitigar los efectos ambientales negativos que actualmente se han generado por el uso del sistema tradicional de producción.

Este lineamiento tiene como responsables al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, las Juntas Parroquiales de Monte Olivo, San Rafael, Chugá y San Francisco de Sigsipamba, Gobiernos Provinciales de Carchi e Imbabura, y ONG's, y está dirigido a los pobladores que habitan las áreas cercanas a las vertientes de uso doméstico y a las captaciones de agua para riego (Tabla 23).

Tabla 23. Acciones dirigidas a la preservación de las fuentes de agua

Acciones	Presupuesto estimado	Responsables
a) Capacitación a los líderes e integrantes de las comunidades para informar, sensibilizar y concienciar sobre el uso y aprovechamiento del recurso hídrico.		
b) Establecimiento y delimitación de áreas de protección de las fuentes hídricas de la microcuenca que no se consideraron en el estudio, con el propósito de realizar una protección integral de todo el recurso hídrico del territorio y garantizar la disponibilidad del agua en cantidad y calidad.		
c) Mejoramiento de los linderos y señalización en las fuentes de agua, para evitar alteraciones en el suministro de agua.	\$ 15 000	Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, Comunidades, Gobierno Provincial de Carchi e Imbabura, ONG's y Juntas Parroquiales.
d) Delimitación de áreas propicias para la producción ganadera con la aplicación de sistemas silvopastoriles eficientes y pastoreo rotativo, con el fin de ayudar a minimizar la degradación y la compactación del suelo.		
e) Elaboración de una guía didáctica para la protección de las fuentes de agua en la microcuenca del río Escudillas, la misma que servirá de difusión de información y aplicación en las comunidades beneficiarias del área de estudio.		

4.3.2.3. Lineamiento 3. Restauración de zonas degradadas por actividades agropecuarias

La erosión es un proceso natural que comprende el desprendimiento, arrastre y deposición de suelo en un determinado lugar. Sin embargo, existe evidencia que la actividad humana ha aumentado sustancialmente las tasas de erosión que superan a las que existían antes de que se implementaran las actividades agrícolas. Los sedimentos provenientes de la erosión son transportados como contaminantes químicos provenientes del suelo hacia los cursos de agua, afectando a las fuentes hídricas (Nearing, Xie, Liu y Ye, 2017). A su vez, las alteraciones en el suelo inducidas por la erosión pueden afectar el rendimiento de los cultivos ya que influye en las propiedades del suelo perjudicando las características de retención y transmisión del agua (Lal y Moldenhauer, 1987).

La ganadería es una perturbación para los ecosistemas, ya que implica la eliminación de una gran cantidad de especies arbóreas nativas que es reemplazada por especies de pastos exóticos, lo que genera importantes cambios en la estructura física y fertilidad del suelo, además los problemas ambientales comúnmente relacionados, se refieren más a la forma de manejo particular que se le da al ganado (Aleman-Santillán, Ferguson y Medina-Jonapá, 2007). Uno de los problemas ocasionados por la ganadería es la compactación del suelo, proceso que es mucho más dañino en pendientes pronunciadas (Trimble y Mendel, 1995). La compactación afecta el desarrollo fisiológico de los cultivos y pastos incrementando la resistencia mecánica a la penetración de las raíces y también contribuye a reducir la infiltración de agua en el suelo aumentando la escorrentía (Ceccon, 2013).

Otro agravante de la actividad ganadera son los senderos comúnmente creados por los animales, debido a que estos son menos permeables por la compactación y encostramiento (Rostagno, 1989) causando erosiones de grandes proporciones y el desarrollo de cárcavas (Cooke y Reeves, 1976; Hole, 1981; Rostagno, 1989). Asimismo, en las zonas ribereñas el ganado causa perturbaciones profundas, principalmente en climas con estación seca y lluviosa, ya que estas áreas son una importante fuente de alimentos en las estaciones secas. El ganado, al romper las orillas del río por el pisoteo, puede crear una rugosidad hidráulica, lo que reduce la

resistencia del suelo mediante la eliminación de vegetación protectora y el aflojamiento del suelo (Ceccon, 2013).

Las prácticas de restauración de zonas degradadas por las actividades agropecuarias deben aplicarse en la parte media y baja de la microcuenca. Para lo que será necesario ejecutar un plan de reforestación para disminuir la pérdida de suelo sin afectar las actividades productivas que se realizan en la zona. Por otra parte, es necesario la implementación de sistemas agroforestales que combinen árboles con cultivos agrícolas, esto como una acción autosostenible para evitar el daño ambiental.

Este lineamiento tiene como responsables principales a las Juntas Parroquiales de Chugá, Monte Olivo y San Rafael, además de los Gobiernos Provinciales de Carchi e Imbabura y está dirigida específicamente a los pobladores que habitan las áreas cercanas a las vertientes y utilizan los suelos aledaños (Tabla 24).

Tabla 24. Acciones para la restauración de zonas degradadas por actividades agropecuarias

Acciones	Presupuesto estimado	Responsables
a) Implementación de sistemas agroforestales para mejorar las propiedades físicas del suelo.		
b) Construcción de viveros comunitarios para la producción de especies nativas que ayuden a la reforestación de suelos sin cobertura vegetal y a la construcción de sistemas agroforestales.		Comunidades, Junta Parroquial, Gobierno Provincial de Carchi e Imbabura.
c) Socialización de las zonas susceptibles a deslizamientos, para evitar que se sigan deteriorando.	\$ 13 000	
d) Construcción de barreras vivas y/o muertas en las áreas que tienen pendientes muy pronunciadas para evitar el arrastre de sedimentos.		
e) Aplicación de siembras en contorno para minimizar la erosión hídrica a través de la disminución de la velocidad del escurrimiento del agua de lluvia.		

4.3.2.4. Lineamiento 4. Uso adecuado de cultivos y pastizales en la microcuenca

La expansión de las tierras agrícolas es ampliamente reconocida como una de las alteraciones humanas más importantes de los ecosistemas en el mundo, ha permitido incrementar la productividad agrícola en el último siglo, asegurando al mismo tiempo una fuente estable de alimentos, al tiempo que aumenta la población mundial y decrece la superficie necesaria para cultivar (Ceccon, 2013). Una de las características más impactantes de la agricultura actual es la existencia de monocultivos, que típicamente resulta en mayores pérdidas de cosecha por insectos dañinos menos diversos, pero más abundantes (Matson et al., 1997). El manejo de estas plagas se logra principalmente mediante el uso de pesticidas. Como resultado, la resistencia a los pesticidas se ha convertido en un problema debido a las transferencias de plaguicidas al agua causando amenazas al ambiente y a la salud humana (Matson, Parton, Power y Swift, 1997) ya que estos alcanzan el manto freático y contaminan las fuentes de agua.

Por otra parte, la quema de los pastizales es una práctica común cuyo propósito es obtener rebrotes tempranos para el ganado (Ceccon, 2013), ya que como consecuencia de la combustión del material vegetal se produce un aporte de nitrógeno disponible en el suelo, se da un mejor rebrote y una mayor cantidad de forraje (Barbour et al., 1999). Sin embargo, el efecto inmediato de la quema es la destrucción total o parcial del humus y de la materia orgánica superficial, la alteración de las propiedades químicas y físicas del suelo, así como de las poblaciones de microorganismos (Maass, 1995; Garcia-Oliva et al., 1999). Además, los efectos de los incendios pueden ser bastante negativos para la fertilidad del suelo a largo plazo (Bork, Adams y Willms, 2002), la principal consecuencia es la reducción de la productividad de los suelos (Lal, 1998).

La introducción de una mezcla de especies forestales nativas y la rotación de cultivos puede ser más eficiente que un monocultivo (Montagnini et al., 1994; Gama-Rodrigues et al., 1997), proporcionando además una disipación de los inóculos de enfermedades y focos de plagas, lo que reduce los problemas fitosanitarios minimizando el uso de plaguicidas, y previniendo la pérdida de

nutrientes por lixiviación, ya que pueden reciclar los nutrientes reduciendo así la contaminación de las aguas freáticas por nitratos u otras sustancias dañinas para el ambiente (Ceccon, 2013).

En lo que se refiere a la cantidad y calidad del agua, los árboles en los sistemas agroforestales y la diversidad de cultivos influyen en el ciclo hidrológico al incrementar la intercepción de la lluvia, y al modificar la transpiración y retención del agua en el suelo, lo que disminuye la escorrentía e incrementa la infiltración (Ceccon, Huante, y Campo, 2003), y esto garantiza el éxito en los cultivos ya que se tiene niveles adecuados de agua en el suelo (Chicas, Vanegas y García, 2014).

El cambio de uso de suelo puede influir en la dinámica de la recarga hídrica, ya que se observa variaciones en las velocidades de infiltración del agua en usos como pastos y cultivos (Jiménez, Gallego y Martínez, 2019), por esto es necesario adoptar medidas para asegurar las zonas de recarga hídrica mediante el mantenimiento del bosque nativo y la aplicación de técnicas de manejo de suelo y agroforestería (Hall, Currell y Webb, 2020).

Las prácticas orientadas al uso adecuado de cultivos y pastizales deben realizarse en la parte media y baja de la microcuenca, en suelos usados para la actividad agrícola y tierras que están siendo aprovechadas para la actividad ganadera donde el suelo está compactado por el sobreuso.

Este lineamiento tiene como responsables al Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica, las Juntas Parroquiales de Chugá, Monte Olivo y San Rafael, y está dirigida específicamente a los pobladores de las comunidades que son los principales usuarios de los recursos naturales de la microcuenca (Tabla 25).

Tabla 25. Acciones para el uso adecuado de cultivos y pastizales en la microcuenca

Acciones	Presupuesto estimado	Responsables
a) Adopción de técnicas de manejo de suelo eficientes.		
b) Manejo de las áreas de protección hídrica.		
c) Capacitación en talleres de:		Comunidades, Juntas Parroquiales, Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica.
<ul style="list-style-type: none"> • Agricultura orgánica • Sistemas agroforestales • Uso de rastrojos • Cultivos rotativos y, • Elaboración de abonos orgánicos. 	\$ 8 000	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- En la microcuenca del río Escudillas se identificaron 67 fuentes de agua de tipo superficial y subterráneo, que abastecen a las comunidades y canales del riego del área de drenaje de la microcuenca. Las vertientes de uso doméstico y las captaciones de agua para riego están adyacentes a las zonas agropecuarias, por lo que son más susceptibles a la contaminación. Además, las actividades se desarrollan en su mayoría en suelos superficiales y con pendientes muy pronunciadas, transformando estas áreas en terrenos vulnerables con tendencia a deslizamientos, como es el caso para el canal de riego “Monte Olivo – San Rafael”, la concesión a nombre de la antigua CORSINOR, y de la captación de agua para uso doméstico de la comunidad de Monte Olivo en la vertiente “El Cuzumbe”.

- Se seleccionaron ocho vertientes en la microcuenca para las que se delimitó tres áreas de protección hídrica que ocupan una superficie total de 51 km². Se estableció un área de protección hídrica para las vertientes de uso doméstico en las comunidades de Monte Olivo, San Agustín, y el Manzanal, que se encuentran amenazadas por las actividades ganaderas que se realizan en los sitios aledaños a las zonas de captación, y el uso inadecuado de agroquímicos que afecta la calidad del agua debido a que estas vertientes son de origen subterráneo. Se determinó otra área de protección hídrica para el área de influencia de la estructura de captación del canal de riego Monte Olivo – San Rafael, y la última para la concesión de la antigua CORSINOR, estas por su importancia que tienen para la producción agrícola de los cantones Bolívar y Pimampiro.

- Se establecieron lineamientos orientados a la conservación y protección de las fuentes de agua, restauración y uso adecuado del recurso suelo. Los

lineamientos se construyeron en base al uso actual de suelo en la microcuenca, al estudio multicriterio del potencial de recarga hídrica y al riesgo potencial de erosión del suelo, los cuales deberán ser implementados con más énfasis dentro de las áreas de protección hídrica para garantizar la conservación, protección y mantenimiento del recurso hídrico.

5.2. Recomendaciones

5.2.1. Recomendaciones dirigidas a las instituciones gubernamentales:

- Impartir charlas dirigidas a los habitantes de las comunidades sobre la importancia de aplicar técnicas de manejo sustentable del recurso suelo, para mantener la calidad y cantidad del recurso hídrico.
- Implementar una estación meteorológica en la microcuenca, con el fin de obtener datos climáticos consecutivos. La información del clima constituirá de gran utilidad para el desarrollo de futuros estudios sobre el recurso hídrico.
- Realizar análisis frecuentes de los parámetros fisicoquímicos del agua proveniente de las diferentes fuentes hídricas de la microcuenca del río Escudillas, para conocer la calidad del recurso hídrico que abastece a las actividades agroproductivas y a las comunidades del sector.

5.2.2. Recomendaciones dirigidas a las organizaciones sociales:

- Socializar con las comunidades la localización de las áreas de protección hídrica, para minimizar las actividades agropecuarias que se realizan en la microcuenca y fomentar la protección de las fuentes de agua.

5.2.3. Recomendaciones dirigidas a la academia:

- Promover estudios agrometeorológicos para conocer la influencia del clima en la producción agrícola de la microcuenca para disminuir el deterioro del suelo y agua mediante la definición de modelos agroclimáticos que permitan el manejo, conservación y uso sostenible de los recursos naturales.

REFERENCIAS

- Aguirre, M. (2011). La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual REDESMA*, 5(1), 9-20.
- Al Ibrahim, A. y Patrick, R. J. (2017). Source Water Protection Planning and Management in Metropolitan Canada: A Preliminary Assessment. *Water*, 9(7), 497.
- Alemán-Santillán, T., Ferguson, B. y Medina-Jonapá, F. (2007). *Ganadería, desarrollo y ambiente: una visión para Chiapas*. Chiapas, México.
- Alvear, N. (2017). *Estudio multitemporal de cambio de uso del suelo, en la Microcuenca del Río Escudillas* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.
- Anbarasu, S., Brindha, K. y Elango, L. (2020). Multi-influencing factor method for delineation of groundwater potential zones using remote sensing and GIS techniques in the western part of Perambalur district, southern India. *Earth Science Informatics*, 13, 317–332.
- Astudillo, M., Maldonado, R. y Rodríguez, J. (2020). Planificación ambiental estratégica en países tropicales: elementos para la gestión sustentable de los recursos hídricos. *Revista Espacios*, 41(40), 234 - 241.
- Avellaneda, F. y Villafuerte, D. (2008). *Propuesta del uso de agua en las microcuencas hidrográficas del Cantón Pimampiro en base a su vocación* (Tesis de Pregrado). Escuela Politécnica del Ejército, Sangolquí-Ecuador.
- Azarnivand, A. y Chitsaz, N. (2015). Adaptive policy responses to water shortage mitigation in the arid regions - a systematic approach based on eDPSIR, DEMATEL, and MCDA. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187(2), 23. doi: 10.1007/s10661-014-4225-4.
- Barbour, M., Burk, J., Pitts, W., Gilliam, F. y Schwartz, M. (1999). *Terrestrial Plant Ecology*. Nueva York, Estados Unidos: Addison Wesley Longman.

- Bates, S. (2012). Bridging the governance gap: emerging strategies to integrate water and land use planning. *Nat. Resour. J.*, 52(1), 61–97.
- Bojórquez, M. y Pérez, A. (2013). Planeación Estratégica. Un pilar en la gestión empresarial. *Revista El Buzón de Pacioli*, (81), 4-19.
- Bork, E., Adams, B. y Willms, W. (2002). Resilience of Foothills Rough Fescue, *Festuca Campestris*, Rangeland to Wildfire. *The Canadian Field Naturalist*, 116, 51 - 59.
- Brenčić, M., Prestor, J., Kompare, B., Matoz, H. y Kranjc, S. (2009). Integrated approach to delineation of drinking water protection zones. *Geologija*, 52(2), 175-182. doi: 10.5474/geologija.2009.017
- Camino, M., Bó, M., Cionchi, J., Del Río, J., López de Armentia, A. y De Marco, S. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. <https://www.redalyc.org/>
- Campos, A. (1992). *Proceso del Ciclo Hidrológico* 1ª ed. (pp. 22-23). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Campos, A. (1999). *Proceso de Ciclo Hidrológico* 2ª ed. (pp. 33-34). San Luis Potosí, México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí.
- Cardona, B. (2016). *Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas* (Tesis de Maestría). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/4482>
- Castañeda, S. y Rodríguez, J. (2019). Análisis bibliométrico e implementación de las herramientas del sistema de gestión ambiental en América Latina. *Revista Espacios*, 40(7), 18 - 32.
- CATIE. (2010). *Metodología para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas*. Validación en la subcuenca del Río Jucuapa, Nicaragua.
- CCME, 2004. De la source au robinet: Guide d'application de l'approche à barrière multiples pour une eau potable saine. Conseil canadien des ministres del'environnement (CCME) 274 páginas.

- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México: Díaz de Santos.
- Ceccon, E., Huante, P. y Campo, J. (2003). Effects of Nitrogen and Phosphorous Fertilization on the Survival and Recruitment of Seedlings of Dominant Tree Species of Two Secondary Tropical Dry Forests in Yucatán, México. *Forest Ecology and Management*, 182, 387 - 402.
- Chicas, A., Vanegas, E. y García, N. (2014). Determinación indirecta de la capacidad de retención de humedad en suelos de la subcuenca del río Torjá, Chiquimula, Guatemala. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(1), 41 - 46.
- Código Orgánico del Ambiente (2017). *Registro Oficial Suplemento*, 983 del 12 abril de 2017.
- Cohen, J. y Uphoff, N. (1980). Participation's Place in Rural Development: Seeking Clarity Through Specificity. *World Development*, 8(3), 213-235.
- Constitución de la República del Ecuador (2008). *Registro Oficial*, 449 del 20 de octubre de 2008.
- Cooke, R. y Reeves, R. (1976). *Arroyos and Environmental Change in the American South-West*, Oxford Research Studies in Geography series Oxford: Clarendon Press.
- Cuasapud, N. (2017). *Manejo y protección de fuentes de agua para consumo humano en la microcuenca del Tahuando, en el Cantón Ibarra, Provincia de Imbabura* (Tesis de Maestría). Universidad Técnica del Norte, Ibarra-Ecuador.
- Cyr-Gagnon, J. y Rodriguez, M. (2018). Optimizing data management for municipal source water protection. *Land Use Policy*, 1-13. doi: <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.12.035>
- Demir, G. (2019). GIS-based landslide susceptibility mapping for a part of the North Anatolian Fault Zone between Reşadiye and Koyulhisar (Turkey). *CATENA*, 183, 1- 12.

- Diario Oficial de la Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. *L 327*. (23 de octubre de 2000)
- Doorman, F. (1991). *La Metodología del diagnóstico en el enfoque "Investigación Adaptativa"*: guía para la ejecución de un diagnóstico con énfasis en el análisis de finca del pequeño productor agropecuario. Universidad Nacional Heredia; Universidad Estatal de Utrecht; Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Dussaubat, S. y Vargas, X. (2005). *Modernización e integración transversal de la enseñanza de pregrado en ciencias de la Tierra*. Proyecto MECESUP UCH 0303. Santiago de Chile, Chile: Universidad de Chile.
- El Comercio. (27 de abril de 2019). Monte Olivo, parroquia del Carchi, blindada ante la amenaza de los mineros ilegales. *El Comercio*. <https://www.elcomercio.com/actualidad/monte-olivo-carchi-amenaza-mineria.html>
- Elmahdi, A., Malano, H. y Etchells, T. (2007). System dynamics and auto-calibration framework for NSM model: Murrumbidgee River. *International Journal of Water*, 3(4), 381-396.
- Environmental Systems Research Institute (ESRI). (2021). *Qué es ArcGIS?* <https://resources.arcgis.com/es/help/gettingstarted/articles/026n00000014000000.htm>
- Fadlelmawlal, A. y Dawoud, M. (2005). An approach for delineating drinking water wellhead protection areas at the Nile Delta, Egypt. *Journal of Environmental Management*, 79(2006), 140-149.
- Feria, J., Rodríguez, J. y Castañeda, S. (2019). Environmental management system tools: a review for small and midsized enterprises (SMSE) in Latin America. *International Journal of Civil Engineering and Technology (IJCIET)*, 10(7), 283-288.

- Fondo Patrimonio Natural (2019). Comunidades campesinas protegen 196 fuentes hídricas de Cundinamarca. Recuperado de <https://www.patrimonionatural.org.co/comunidades-campesinas-protegen-196-fuentes-hidricas-de-cundinamarca/>
- Foster, S., Chilton, J., Moench, M., Cardy, F. y Schiffler, M. (2000). *Groundwater in rural development: facing the challenges of supply and resource sustainability*, Washington D.C., USA, World Bank Technical Paper, 463.
- Foster, S., Hirata, R., Gomes, D., D'Elia, M. y Paris, M. (2002). *Groundwater Quality Protection: A guide for Water Utilities in Municipal Authorities and Environment Agencies*, Washington D.C., USA: The World Bank Publication.
- Foster, S., Hirata, R. y Andreo, B. (2013). The aquifer pollution vulnerability concept: aid or impediment in promoting groundwater protection. *Hydrogeology Journal*, 21(7), 1389-1392.
- Fuentes, N., Martelo, R. y Jiménez-Pitre, I. (2017). *Planeación estratégica para la gestión ambiental en los municipios del sur de la Guajira-Colombia*. Revista Espacios, 38(32), 1-13.
- GAD Municipal del Cantón Bolívar. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Bolívar*.
- GAD Municipal San Pedro de Pimampiro. (2014). *Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- GAD Municipal San Pedro de Pimampiro. (2014). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- GAD Parroquial de Monte Olivo. (2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*.
- GAD Parroquial de San Rafael. (2015). *Actualización del Plan De Desarrollo y Ordenamiento Territorial De La Parroquia San Rafael*

- Gama-Rodrigues, E., Gama-Rodrigues, A. y Barros, N. (1997). Biomassa microbiana de carbono e de nitrogênio de solos sob diferentes coberturas florestais. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 21, 361 - 366.
- García, J., Gómez, A. y Ortigosa L. (1987). *Aspectos dinámicos de un cauce fluvial en el contexto de su cuenca: el ejemplo del río Oja*, (Monografía). Instituto Pirenaico de Ecología, Jaca-Instituto de Estudios Riojanos, Logrono. Zaragoza, España: Librería General.
- García-Oliva, F., Sanford, R. y Kelly, E. (1999). Effects of Slash-and-Burn Management on Soil Aggregate Organic C and N in a Tropical Deciduous Forest. *Geoderma*, 88, 1-12.
- Gaspari, F., Rodríguez, A., Senisterra, G., Denegri, G., Delgado, M. y Besteiro, S. (2012). Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *AUGMDOMUS*, 4, 143-158.
- González de Matauco, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, (38), 311-329.
- González, S. (2017). Contaminación difusa de las aguas. *Tierra Adentro*, (77), 21 – 25.
- González, W. (2011). *Manejo y protección de zonas de recarga hídrica y fuentes de agua para consumo humano en la subcuenca del río Zaratí, Panamá* (Tesis de Maestría). Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba-Costa Rica.
- Grimmeisen, F., Lehmann, M.F., Liesch, T., Goeppert, N., Klinger, J., Zopfi, J. y Goldscheider, N. (2017). Isotopic constraints on water source mixing, network leakage and contamination in an urban groundwater system, *Science of the Total Environment*, 583, 202-213. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.01.054>
- Guerra, G. y Aguilar, A. (2002). *La planificación estratégica en el agronegocio*. México DF, México: UTEHA Noriega Editores.

- GWP. (2000). *Integrated water resources management (TAC Background Papers N°4)*, Stockholm, Sweden: Global Water Partnership.
- GWP. (2014). Perspectives Paper: The links between land use and groundwater. 1-20.
- Hall, B., Currell, M. y Webb, J. (2020). Using multiple lines of evidence to map groundwater recharge in a rapidly urbanising catchment: Implications for future land and water management. *Journal of Hydrology*, 580.
- Hole, D. (1981). Effects of Animals on Soil. *Geoderma*, 25, 75 – 112.
- Huang, J., Liu, N., Wang, M. y Yan, K. (2010). Application WASP model on validation of reservoir-drinking water source protection areas delineation. *3rd International Conference on Biomedical Engineering and Informatics 2010*, (pp. 3031-3035), doi: 10.1109/BMEI.2010.5639900.
- IDEAM. (2002). *Guía para el monitoreo de vertimientos, aguas superficiales y aguas subterráneas*. Bogotá D.C., Colombia: IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia).
- Jameson, P., Hung, Y., Kuo, C. y Bosela, P. (2008). Cryptosporidium Outbreak (Water Treatment Failure): North Battleford, Saskatchewan, Spring 2001. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 22(5), 342-347.
- Jasanoff, S. y Martello, M. (2004). *Earthly Politics: Local and Global in Environmental Governance (Politics, Science, and the Environment)*. USA: MIT Press.
- Jiménez, L., Gallego, A. y Martínez, H. (2019). Riesgo de erosión de suelo en una microcuenca de uso agrícola en Colombia. *Geotechnical Engineering in the XXI Century: Lessons learned and future challenges*.
- Kadam, A., Umrikar, B. y Sankhua, R. (2020). Assessment of recharge potential zones for groundwater development and management using geospatial and MCDA technologies in semiarid region of Western India. *SN Applied Sciences*.

- Kovar, K. y Krásný, J. (1995). *Groundwater quality: Remediation and protection*, Wallingford, UK: IAHS Press.
- Kweyu, R., Thenya, T., Kiemo, K. y Emborg, J. (2019). The nexus between land cover changes, politics and conflict in Eastern Mau forest complex, Kenya. *Applied Geography*, 114(2020), 1-10. doi: <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2019.102115>
- Laing, H. (2002). *Report of the Commission of Inquiry into matters relating to the safety of the public drinking water in the City of North Battleford, Saskatchewan*. Queen's Printer
- Lal, R. y Moldenhauer, W. (1987). Effects of soil erosion on crop productivity. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 5, 303-367.
- Lal, R. (1998). Conservation Tillage for Sustainable Agriculture. *Advances in Agronomy*, 42, 85 - 197.
- Lea, C. K., Petersen, C., Sowell, C.W. y Ables, S. (2010). Clean water everywhere: A look at source water assessment and protection across the United States. *World Environment and Water Resources Congress 2010*. May 16-20, 2010. Providence, Rhode Island, United States.
- Lee, S. y Min, K. (2001). Statistical analyses of landslide susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Earth Sciences*, 40(9), 1095-1113.
- Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento de Agua (2014). *Registro Oficial*, 305 del 6 de agosto de 2014.
- López, F. y Peña, J. (1987). Geomorfología y dinámica fluvial: tendencias actuales en los países anglosajones y en España. X Congreso de Geografía. Ponencia. Zaragoza (en prensa).
- López, S., Expósito, J., Esteller, M., Gómez, M., Paredes, J. y Esquivel, J. (2021). Delineation of protection zones for springs in fracture volcanic media considering land use and climate changes scenarios in Central Mexico region. *Environmental Earth Sciences*, 80, 366.

- Loukas, A., Mylopoulos, N. y Vasiliades, L. (2007). A modeling system for the evaluation of water resources management strategies in Thessaly, Greece. *Water Resources Management*, 21(10), 1673-1702.
- Maass, J. (1995). *Conversion of Tropical Dry Forest to Pasture and Agriculture*, en Bullock, S., Mooney, H. y Medina, E. (eds.). *Seasonally Dry Tropical Forests*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Marshall, R., Levison, J., Mcbean, E., Brown, E. y Harper, S. (2018). Source water protection programs and Indigenous communities in Canada and the United States: a scoping review. *Journal of Hydrology*, 562, 358-370.
- Martínez, A., Matovelle, C. y Astudillo, L. (2019). Sistemas de Información Geográfica en la protección del recurso hídrico en la microcuenca del río Tabacay, Ecuador. *Killkana Técnica*, 3(2), 1-10.
- Martínez-Moscoso, A. (2019). La normativa como alternativa para garantizar el derecho humano al agua frente al cambio climático: Regulación de las áreas de protección hídrica en el Ecuador. *Revista de Derecho Ambiental*, (12), 135-159. doi: 10.5354/0719-4633.2019.54152
- Matomela, N., Li, T. y Ikhumhen, H. (2020). Siting of Rainwater Harvesting Potential Sites in Arid or Semi-arid Watersheds Using GIS-based Techniques. *Environmental Processes*, 7, 631 - 652.
- Matson, P., Parton, W., Power, A. y Swift, M. (1997). Agricultural Intensification and Ecosystem Properties. *Science*, 277, 504 - 509.
- Matus, O., Faustino, J. y Jiménez, F. (2009). *Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: Aplicación práctica en la Subcuenca del Río Jucuapa, Nicaragua*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- McKernan, J. (2001). *Investigación-acción y curriculum*. (3ª ed.). Madrid, España: Ediciones Morata.
- Millar, D. (2005). *Urban Environmental Planning: Policies Instruments And Methods In An International Perspectiva*. UK: Routledge.

- Ministerio del Ambiente. (2010-2014). *Planificación Estratégica*. Coordinación General de Planificación.
- Montagnini, F., Fanzeres, A. y Da Vinha, S. (1994). Studies on Restoration Ecology in the Atlantic Forest Region of Bahia, Brazil. *Interciencia*, 19, 323 - 330.
- Navajo, P. (2009). *Planificación estratégica en organizaciones no lucrativas. Guía participativa basada en valores*. Madrid, España: Narcea Ediciones.
- Navarrete, M. D. (2004). Propuesta metodológica para el análisis territorial en la cuenca hidrográfica del Estero El Peral, Comuna de Carahue, IX Región. Universidad Católica de Temuco, Chile. *Facultad de Ciencias Ambientales*, 6, 133-134.
- Nearing, M., Xie, Y., Liu, B. y Ye, Y. (2017). Natural and anthropogenic rates of soil erosion. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 77 – 84.
- NICE. (2015). The National Framework for Decentralized Wastewater Management in Jordan. Amman.
- O'Connor, D. (2002). *Report of the Walkerton Inquiry: The Events of May 2000 and Related Issues (Part One)*. Toronto, ON: Ontario Ministry of the Attorney General, Queen's Printer for Ontario.
- Ordoñez, J. (2011). *Agua Subterráneas – Acuíferos*. Lima, Perú: Global Water Partnership.
- Paredes, A. y Coscio, L. (1994). *Planificación estratégica de Organizaciones no gubernamentales*. Buenos Aires, Argentina: Ediciones FICONG.
- Patrick, R. (2005). Protecting Drinking Water Sources and Public Health. *Healthcare Quarterly*, 8(4).
- Pérez, S., Orozco, J., Mirón, A. y Tábora, F. (2010). *Experiencias de agua potable y saneamiento con enfoque de Gestión Integrada de Recursos Hídricos (GIRH) en Guatemala*.
- Ramakrishna, B. (1997). *Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: conceptos y experiencias*. San José, Costa Rica: IICA.

- Reglamento Ley de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento de Agua (2015). *Registro Oficial Suplemento*, 483 del 20 de abril de 2015.
- Rostagno, C. (1989). Infiltration and Sediment Production as Affected by Soil Surface Conditions in a Shrubland of Patagonia, Argentina. *Journal of Range Management*, 42, 382 – 385.
- Saavedra, C. (2009). *El manejo, protección, y conservación de las fuentes de agua y recursos naturales*. La Paz, Bolivia: PROGRAMA CONCERTAR.
- Saavedra, J. (2001). *Planificación Ambiental de los Recursos Forestales en la Región de la Araucanía, Chile. Definición de las Unidades Homogéneas de Gestión* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Madrid, España.
- SENAGUA. (2018). *Guía técnica para la delimitación de áreas de protección hídrica*.
- SENAGUA. (2018). Secretaría Nacional de Agua.
- SENPLADES. (2021). *Plan Nacional de Desarrollo 2021-2025-Creación de Oportunidades*. Quito: SENPLADES.
- Shi, P., Zhou, S., Xiao, H., Qiu, J., Li, A., Zhou, Q., Pan, Y. y Hollert, H. (2017). Toxicological and chemical insights into representative source and drinking water in eastern china. *Environmental Pollution*, 233, 35-44
- Shumm, S. (1956). *The fluvial system*. New York, Estados Unidos: John Wiley and Sons, Inc.
- Solanes, M. y González-Villarreal, F. (1996). *Los principios de Dublín reflejados en una evaluación comparativa de ordenamientos institucionales y legales para una gestión integrada del agua*. (TAC Background Papers N°3). Recuperado de: <https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/Tac3s.pdf>
- Swichtenberg, B. (2003). Landmark legislation. *Water Engineering & Management*, 150(2), 19.
- Torres, P., Cruz, C. y Patiño, P. (2009). Índices de calidad de agua en fuentes superficiales utilizadas en la producción de agua para consumo humano. Una revisión crítica. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, 8(15), 79-94.

- Trimble, S. y Mendel, A. (Ed.). (1995). The Cow as a Geomorphic Agent. A Critical Review. *Geomorphology*, 13, 233 - 253.
- Tulcán, R. (2015). *Ordenamiento Territorial de la Parroquia Monte-Olivo, Cantón Bolívar Provincia del Carchi*. (Tesis de Pregrado). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Recuperado de: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6860>
- Van den Boogaard, H.F.P., Hoogkamer, M.J. y Heemink, A.W. (1993). Parameter identification in particle models. *Stochastic Hydrology*, 7, 109-130.
- Varol, S. y Davraz, A. (2015). Evaluation of the groundwater quality with WQI (Water Quality Index) and multivariate analysis: a case study of the Tefenniplain (Burdur/Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 73(4), 1725-1744.
- Vieira, M. (2002). Protección y captación de pequeñas fuentes de agua. El Salvador
- Villón, M. (2002). *Hidrología*. Editorial Villón.
- Viramontes, O., Escoboza, L., Pinedo, C., Pinedo, A., Reyes, V., Román, J. y Pérez, A. (2008). Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Tecnociencia Chihuahua*, 1(3), 21-31.
- Walter, J. y Pando, D. (2014). Temas y problemas del planeamiento estratégico en el ámbito público. En J. Walter y D. Pando. (Ed.), *Planificación estratégica. Nuevos desafíos y enfoques en el ámbito público* (pp.9-19). Buenos Aires, Argentina: SAAP.
- Wang, H. y Yu, X. (2014). A review of the protection of sources of drinking water in China. *Natural Resources Forum*, 38. 99-108.
- Wang, L., Wang, S., Zhou, Y., Zhu, J., Zhang, J., Hou, Y. y Liu, W. (2019). Landscape pattern variation, protection measures, and land use/land cover changes in drinking water source protection areas: A case study in Danjiangkou Reservoir, China, *Global Ecology and Conservation*. doi: <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00827>.

- Wang, X., Zhang, J., Elmahdi, A., He, R. y Zhang, L. (2011). Water demand forecasting under changing environment: a system dynamics approach. *IAHS Publication*, 347, 259-266.
- WHO y UNICEF, 2000. Global Water Supply and Sanitation Assessment 2000 Report. Geneva/New York: World Health Organization/United Nations International Children's Emergency Fund.
- WWAP. (2017). *The United Nations World Water Development Report 2017. Wastewater: The Untapped Resource*. Paris, Francia: UNESCO
- Zhu, Q. y Abdelkareem, M. (2021). Mapping groundwater potential zones using a knowledge-driven approach and GIS analysis. *Water (Switzerland)*, 13, 1-24. <https://doi.org/10.3390/w13050579>

ANEXOS

Anexo 1. Cronograma de salidas de campo.

Año	Época	Mes	Vertiente	Día
2020	Seca	Julio	CORSINOR y Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Sábado 25
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Domingo 26
			Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Lunes 27
		Agosto	CORSINOR y Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Domingo 23
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Lunes 24
			Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Sábado 29
		Septiembre	CORSINOR y Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Domingo 20
			Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Viernes 25
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Martes 29
2021	Lluviosa	Marzo	CORSINOR	Martes 23
			Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Miércoles 24
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Sábado 27
		Abril	Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Sábado 27
			CORSINOR y Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Lunes 26
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Miércoles 28
		Mayo	Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Jueves 29
			CORSINOR y Junta de agua Monte Olivo-San Rafael	Viernes 28
			Comunidad San Agustín, Comunidad el Manzanal 1 y 2	Miércoles 26
			Comunidad Monte Olivo 1, 2 y 3	Sábado 22

Anexo 2. Tabla de concesiones del recurso hídrico dentro de la Microcuenca del río Escudillas.

N°	Concesionario Autorizado	Lugar Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s	Coordenada x	Coordenada y	Cota msnm
1	Yar Rosero Manuel	Río Blanco/Vertiente Sin Nombre	Doméstico	1	846647	10042123	2 514
2	Vallejo Claudio Emilio	Río Caldera/Acequia Agua Amarilla/Quebrada/Aliso	Doméstico	6	851864	10043681	3 047
3	Valenzuela José Olmedo	Río Apaquí/Vertiente Sin Nombre	Doméstico	0.05	849911	10045205	2 798
4	Valencia Cacuangó José Rafael	Vertiente San Francisco	Riego	0.45	847250	10041500	2 860
5	Urresta Fabián Alfredo	Vertiente Lomas De Palmar Grande	Riego	0.75	850663	10041992	2 677
6	Terán Rosales Luis Magin	Vertiente Sin Nombre	Doméstico	0.56	846158	10041635	2 812
7	Tayan Segundo	Vertiente Sin Nombre	Abrevadero	0.05	845300	10041900	2 800
8	Suarez Castro Esperanza Isabel y Otra	Quebrada El Guadalito	Riego	2	850750	10040350	3 139
9	Sevillano Chachal José Manuel y Otro	Río Apaquí/Vertiente sin Nombre	Riego	0.25	848900	10041800	2 650
10	Sector La Esperanza	Río Apaquí/Acequia Alta De Monte Olivo	Riego	0.94	850199	10044842	2 494
11	Salgado Salazar Luis Federico y Otra	Río Mataquí-Río Escudillas	Riego	5	844000	10044600	1 800
12	Salgado Salazar Luis Federico y Otra	Río Mataquí-Río Escudillas	Piscícola	100	844000	10044600	1 800
13	Robles Paillacho Ermel Antonio	Vertiente Lomas De Palmar Grande	Doméstico	0.5	850663	10041992	2 677
14	Rivera Dávila Celiano y Otros	Río Caldera/ Vertiente sin Nombre	Riego	1.3	844210	10045417	2 062
15	Ortiz Terán Marlene Magdalena y Otros	Río Caldera/ Vertiente Loma De Guagala	Riego	1.22	845300	10041400	2 600
16	Noboa Ríos Baltazar	Vertiente Capulí	Doméstico	0.1	845171	10041643	2 680
17	Nipaz Chanchalo Segundo	Río Apaquí/ Quebrada San Francisco Y Santa Bárbara	Riego	7	847450	10041500	2 550
18	Mena Arcos Luis Germán	Quebrada Miraflores	Riego	40	853562	10044204	3 322
19	Martínez Simón Polibio	Río Apaquí/Remanente Quebrada Irubí	Riego	5.5	844181	10045895	1 940
20	Luna De Montalvo Luz María y Otros	Río Apaquí/Acequia Nueva y Vieja	Riego	2.5	849123	10043533	2 428
21	Lucero Armas Fausto Homero	Vertiente Lomas De Palmar Grande	Riego	1.75	850663	10041992	2 677
22	Lanchimba Valenzuela Modesto	Río Apaquí/Vertiente San Onofre	Doméstico	0.17	846800	10042280	2 450

N°	Concesionario Autorizado	Lugar Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s	Coordenada x	Coordenada y	Cota msnm
23	Lanchimba Ramos Juan Manuel	Vertiente Camino Público Chugá	Doméstico	0.1	845223	10042218	2 754
24	Lanchimba Juan Manuel y Otros	Río Caldera/Quebrada San Onofre	Riego	2	846115	10042832	2 220
25	Lanchimba Juan Manuel	Vertiente Sin Nombre y Otras	Doméstico	0.01	846300	10041750	2 910
26	Junta De Aguas San José de Motilón y María Tello de Valverde	Vertiente La Cienega	Riego	6.4	852500	10045200	2 460
27	Junta de Aguas El Manzanal	Quebrada El Moisa/ Río El Carmen	Riego	50	854355	10046707	3 313
28	Comuna Palmar Grande	Vertiente Los Palmos	Doméstico	1.5	851689	10041532	3 096
29	Directorio de la Junta de Aguas de la Comunidad de Palmar Grande	Vertiente Guadualito y García	Riego	68	851850	10039370	3 400
30	Junta de Agua Potable Barrio Chugá	Río Caldera/ Vertiente sin Nombre	Doméstico	0.32	847219	10040638	2 970
31	Junta de Agua Páramo de Mainas Guagala	Río Caldera/ Vertiente El Playón La Cascada y Otras	Riego	38	850750	10036250	3 320
32	Junta de Agua Páramo de Mainas Guagala	Río Caldera/ Vertiente El Playón La Cascada y Otras	Doméstico	1.5	850750	10036250	3 320
33	Junta De Agua Páramo de Mainas Guagala	Río Caldera/ Vertiente El Playón La Cascada y Otras	Abrevadero	0.5	850750	10036250	3 320
34	Junta de Agua Palmar Chico	Río Blanco/ Vertiente sin Nombre/ Quebrada Palmar Chico	Doméstico	1	847800	10040500	3 010
35	Junta de Agua Monte Olivo San Rafael	Río Apaquí/ Quebrada El Riñón/Miraflores/Agua Amarilla	Riego	400	852159	10042701	2 695
36	Junta de Agua de Regadío San José Del Motilón	Quebrada El Manzanal	Riego	0.72	849356	10045393	2 892
37	Junta Administradora de Agua Potable Regional Chugá	Río Córdova y Dren	Doméstico	10	849750	10040500	2 950
38	Ibarra Moreno Nixon Lenin	Río Caldera/ Vertiente San Onofre	Doméstico	0.04	845870	10041708	2 950
39	Ibarra Ibarra César y Otros	Río Chota/ Quebrada Palmar Chico	Riego	6	848120	10041840	2 410
40	Ibarra César y Otros	Vertiente sin Nombre	Doméstico	0.48	846170	10041808	2 600
41	Hernández Arcos Elvia	Vertiente Lomas De Palmar Grande	Riego	1	850663	10041992	2 677
42	Hernández Arcos Elvia	Vertiente Lomas de Palmar Grande	Piscícola	1	850663	10041992	2 677
43	Guapaz Quel Ángel María y Otra	Río Apaquí/ Vertiente sin Nombre	Doméstico	0.17	848700	10044880	2 550

N°	Concesionario Autorizado	Lugar Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s	Coordenada x	Coordenada y	Cota msnm
44	Endara Osejo José Aquilino y Otros	Río Caldera/ Vertiente El Chigualcán	Riego	1	849900	10042500	2 480
45	Corsinor Sistema Riego Monte Olivo y San Rafael	Río Apaquí/ San Miguel	Riego	785	852200	10042750	2 600
46	Corsinor	Río Caldera/ Río Córdova y Quebrada Espejo	Riego	1200	849850	10038700	2 850
47	Córdova Chamorro Enrique	Río Caldera/ Vertiente El Cascarillo	Doméstico	0.05	845870	10041708	2 950
48	Comunidad San Rafael	Río Apaquí/ Acequia San Rafael	Doméstico	3	849800	10043900	2 280
49	Comunidad San Francisco Palmares	Quebrada San Francisco	Doméstico	1	846570	10041709	2 750
50	Comunidad San Agustín	Río Apaquí/ Quebrada San Agustín	Doméstico	5.46	850510	10046699	3 259
51	Comunidad Manzanal	Río Santiaguillo/ Vertiente Sin Nombre	Riego	13	849339	10045398	2 913
52	Comunidad El Motilón	Río Apaquí/Quebrada El Manzanal	Doméstico	3.18	849339	10045398	2 913
53	Comunidad El Manzanal	Río Apaquí/ Vertiente sin Nombre/ Páramos El Mirador	Doméstico	3.2	850613	10046718	3 267
54	Comunidad El Manzanal	Río Apaquí/ Vertiente sin Nombre	Doméstico	2	850613	10046718	3 267
55	Comunidad Sigsal	Río Apaquí/ Quebrada Los Mongos	Doméstico	1.8	853332	10048166	3 591
56	Chasiguano María Elena	Quebrada El Guarangal	Doméstico	0.1	845270	10042408	2 400
57	Chachalo Segundo Tomás	Río Caldera/ Vertiente sin Nombre	Doméstico	0.45	845828	10041944	2 592
58	Chachalo Manuel y Otros	Vertiente Sin Nombre	Doméstico	1	848565	10041094	2 811
59	Castro Andino Edgar y Otro	Río Apaquí/ Vertiente El Manantial	Doméstico	0.17	848800	10046050	2 620
60	Castillo Flavio	Río Caldera/ Acequia Agua Amarilla/ Quebrada Aliso	Doméstico	3.8	851864	10043681	3 047
61	Cadena Juan Y Otros	Río Apaquí/ Vertiente san Onofre	Doméstico	0.1	846398	10041885	2 737
62	Cadena Juan	Río Blanco/ Vertiente Santa Bárbara	Doméstico	0.3	846625	10041140	2 974
63	Benalcázar Castro Fidencio Floresmiló y Otros	Vertiente Sin Nombre/ Río Chota	Doméstico	0.05	848828	10043323	2 516
64	Benalcázar Castro Fidencio Floresmiló y Otros	Vertiente Sin Nombre/ Río Chota	Riego	0.73	848828	10043323	2 516

N°	Concesionario Autorizado	Lugar Aprovechamiento	Uso	Caudal l/s	Coordenada x	Coordenada y	Cota msnm
65	Benalcázar Castro Fidencio Floresmilo y Otros	Vertiente Sin Nombre/ Río Chota	Abrevadero	0.05	848828	10043323	2 516
66	Benalcázar Castro Fidencio Floresmilo y Otros	Río El Carmen/ Quebrada El Carmen	Riego	15	850203	10045564	2 837
67	Andino Erasmo	Río Apaquí/ Quebrada San Francisco y Santa Bárbara	Riego	4.6	847450	10041500	2 550

Nota: SENAGUA (2018).

Anexo 3. Registro fotográfico.

Anexo 3a) Recopilación de información de las fuentes de agua.



Anexo 3b) Tenencia de ganado vacuno en sitios aledaños a la fuente de agua Monte Olivo 3 en la vertiente Fuente Hermosa.



Anexo 3c) Quema de vegetación en el sector Palmar Grande.



Anexo 3d) Vertiente en la comunidad El Manzanal.



Anexo 3e) Visita a la captación de agua en el río Córdova con el señor Carlos Lazcano, representante de la Junta de Agua de Riego “La Magdalena”.



Anexo 3f) Salida de campo con el delegado de la captación del canal de Riego Monte Olivo-San Rafael.



Anexo 3g) Identificación de las fuentes de agua de uso doméstico para la Comunidad de Monte Olivo, con el delegado de la Junta de Agua, Sr. Lenin Narváez. a) Vertiente “El Cuzumbe”, b) Vertiente “Fuente Hermosa” y c) Vertiente “El Manantial”



Anexo 3h) Mejoramiento del Canal de Riego Monte Olivo- San Rafael.



Anexo 3i) Estimación del caudal con aplicación del método volumétrico en la Vertiente “El Cuzumbe”.



Anexo 3j) Aforo de la vertiente que abastece de agua a la comunidad de San Agustín.



Anexo 3k) Salida de campo a la vertiente principal de El Manzanal, con el señor Manuel Valenzuela - Presidente de la Comunidad.



Anexo 3l) Cultivo de granadilla y cebolla en el sector “El Aguacate”.



Anexo 3m) Tala de bosque nativo en la parte alta de la Microcuenca del río Escudillas.

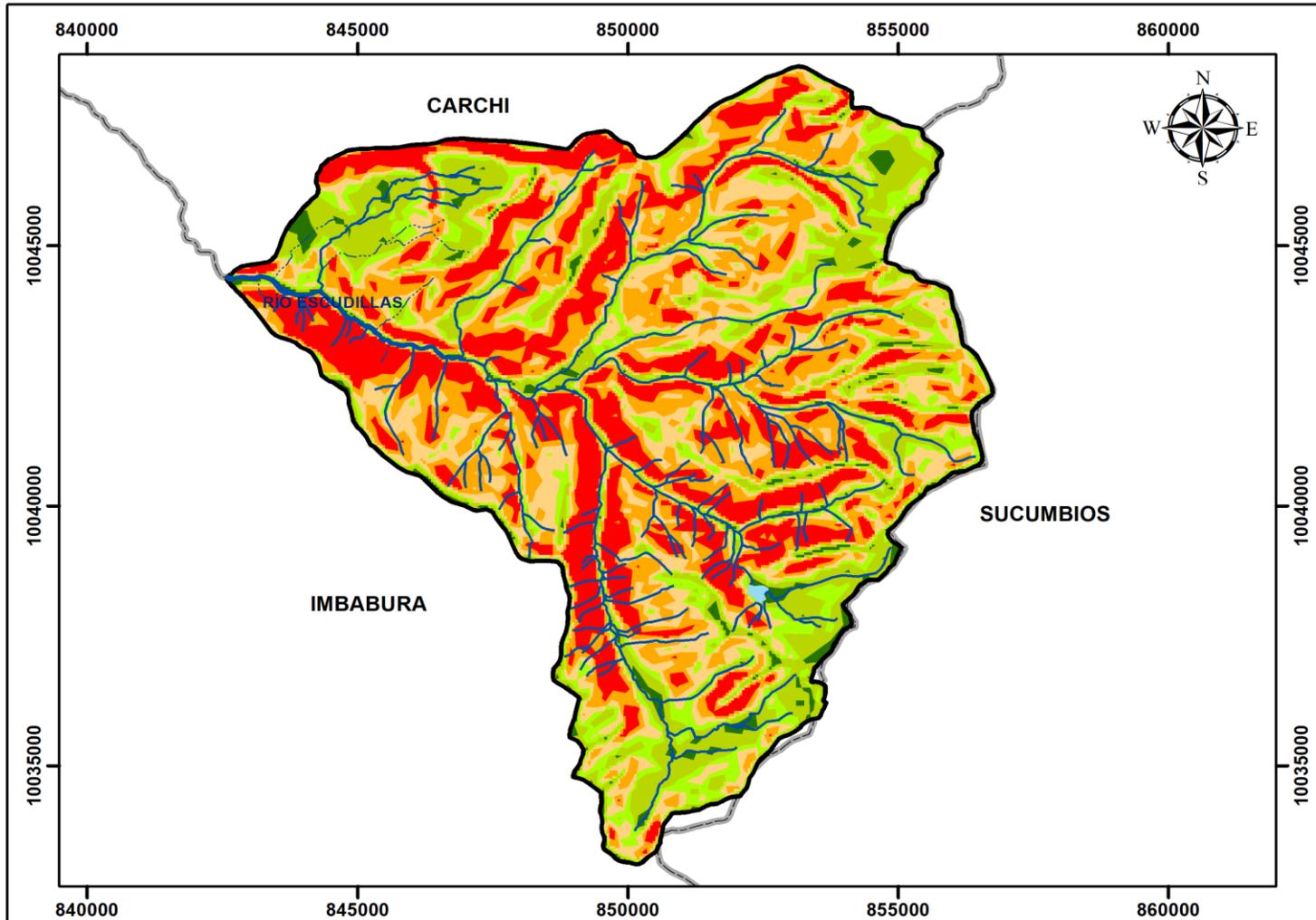


Anexo 3n) Pérdida de bosque nativo por la creación de pastizales para la producción pecuaria

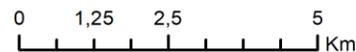


Anexo 4. Mapas temáticos

MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Simbología	Rango	Relieve	Porcentaje (%)	Riesgo de erosión
	<12	Plana a suave	2.92	Muy baja
	12-27	Moderada	16.48	Baja
	27-36	Fuerte	13.55	Medio
	36-47	Muy fuerte	20.59	Medio alto
	47-58	Pronunciado	23.56	Alto
	>58	Muy pronunciado	22.89	Muy alto



SIMBOLOGÍA	
	LAGUNA
	LÍMITE MICROCUENCA
	LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE PENDIENTES DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

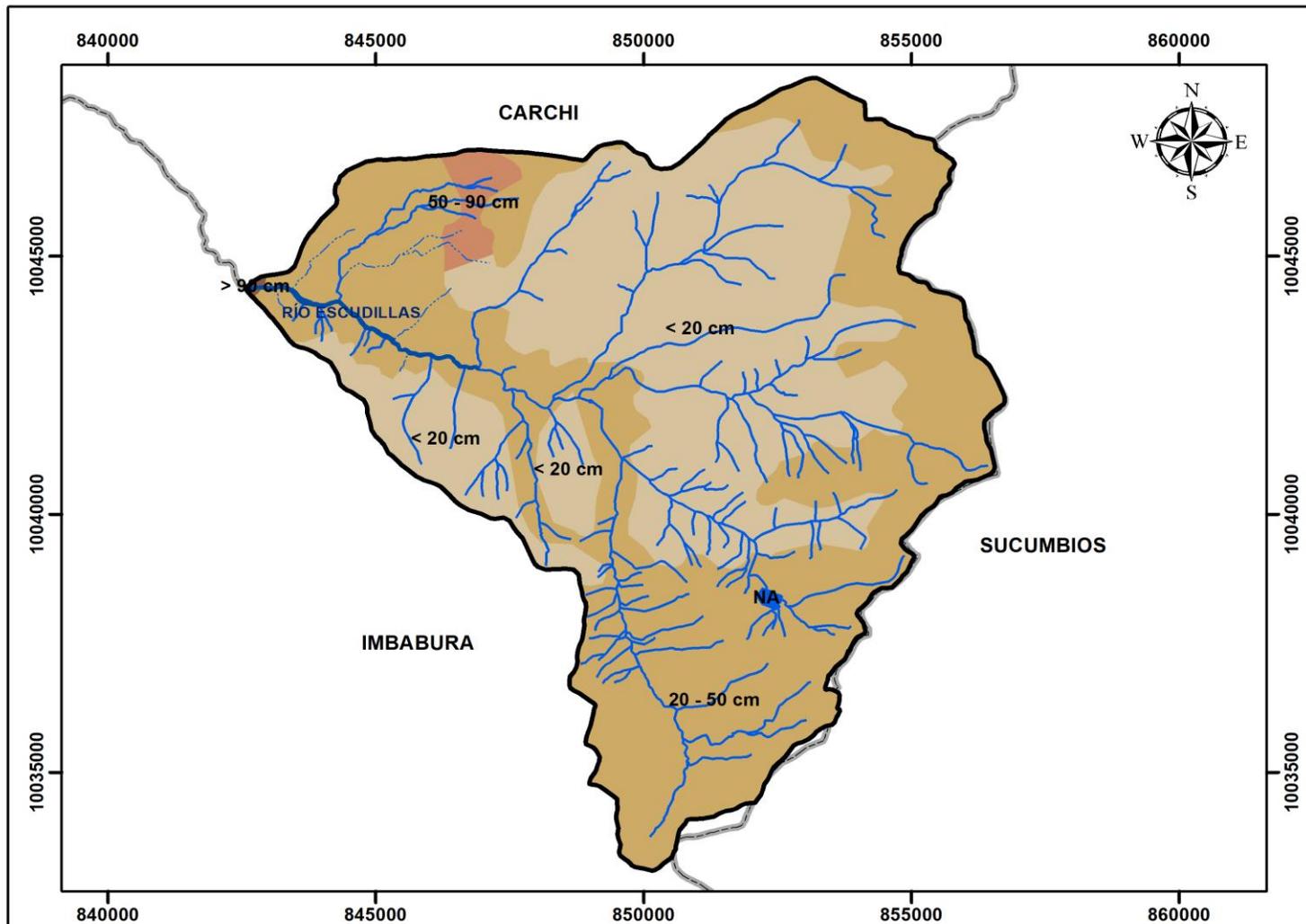
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

Fecha:
27/10/2021

Fuente:
SNI, 2017

MAPA DE PROFUNDIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Simbología	Rangos (cm)	Tipo	Porcentaje (%)	Riesgo de pérdida del suelo
	<20	Muy someros	44.27	Muy alto
	20-50	Someros	53.86	Medio alto
	50-90	Moderadamente profundos	1.67	Medio
	>90	Profundos	0.07	Bajo
	NA	Laguna	0.09	NA

0 1,25 2,5 5 Km

SIMBOLOGÍA

- LAGUNA
- LÍMITE MICROCUENCA
- LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE PROFUNDIDAD DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

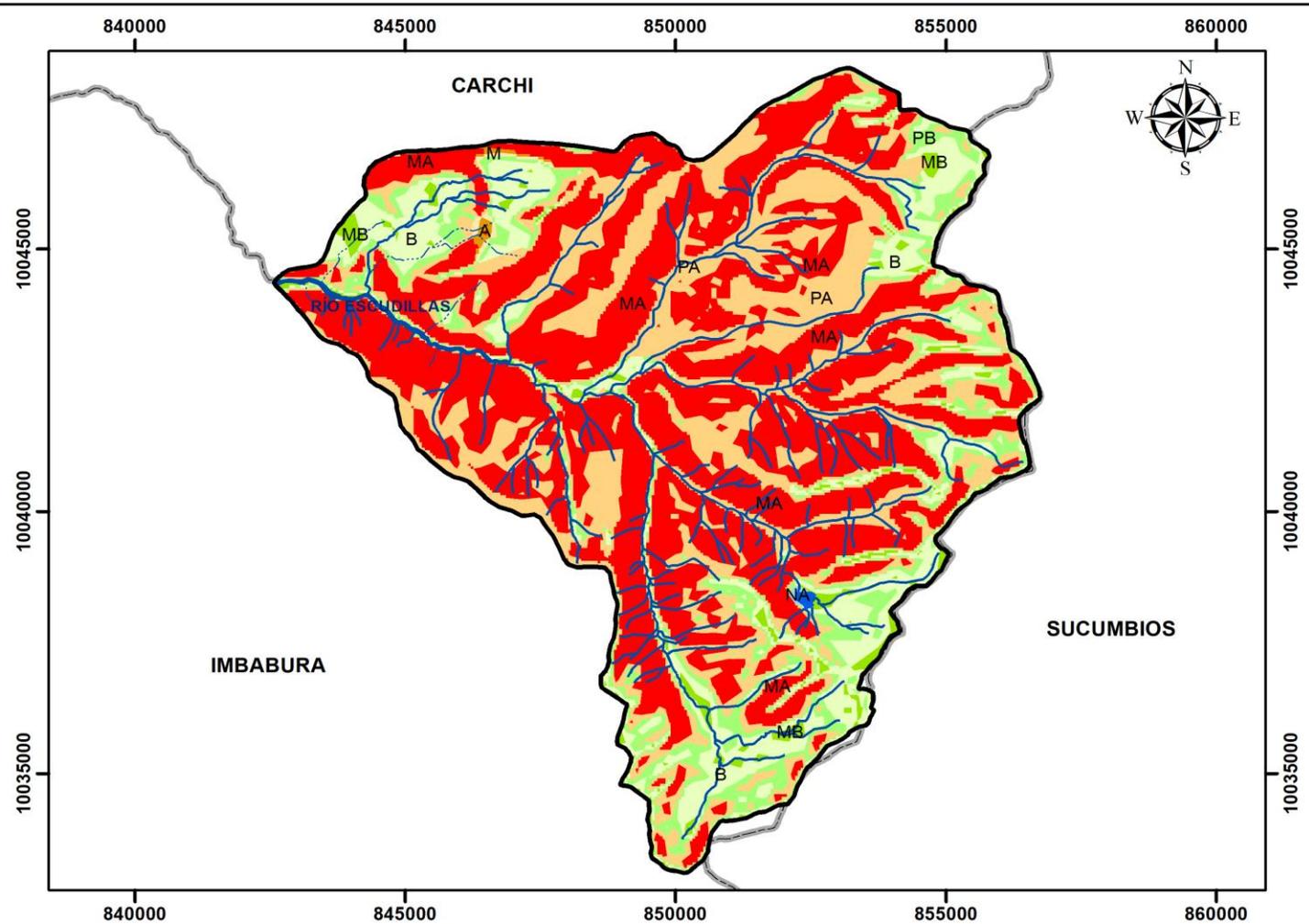
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

Fecha:
27/10/2021

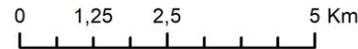
Fuente:
SNI, 2017

MAPA DEL RIESGO POTENCIAL DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Simbología	Riesgo	Porcentaje (%)
MB	Muy Bajo	2.39
B	Bajo	12.81
PB	Poco Bajo	8.73
M	Medio	0.23
PA	Poco Alto	29.3
A	Alto	0.20
MA	Muy Alto	46.24
NA	NA	0.09

SIMBOLOGÍA	
	LAGUNA
	LÍMITE MICROCUENCA
	LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: MAPA DEL RIESGO POTENCIAL DE DEGRADACIÓN DEL SUELO EN LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

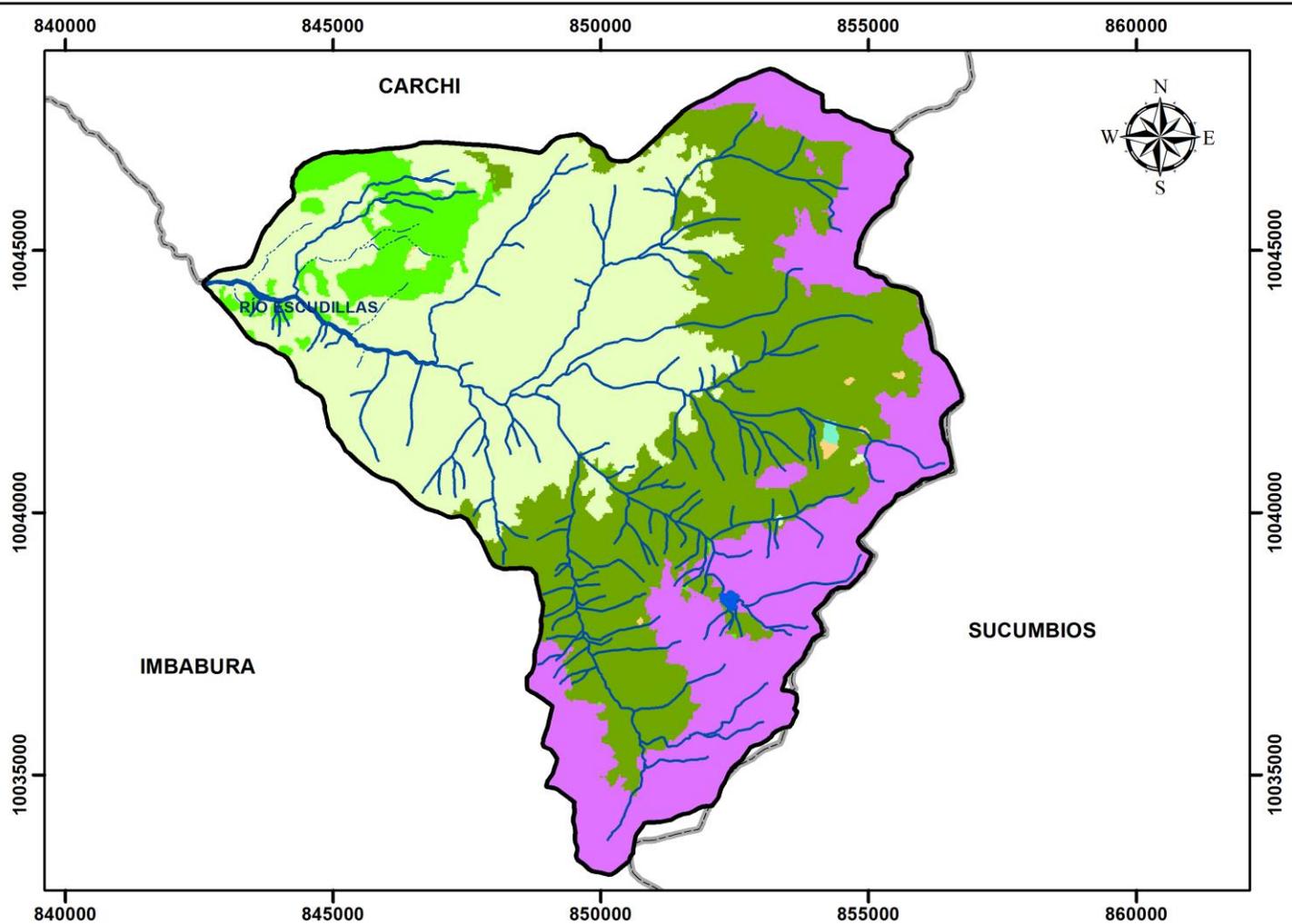
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

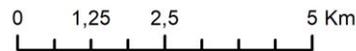
Fecha:
27/10/2021

Fuente:
Elaboración propia,
2021

MAPA DE USO ACTUAL DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Categorías	Porcentaje (%)
	Vegetación herbácea	0.09
	Área sin cobertura vegetal	0.16
	Vegetación arbustiva	5.41
	Páramo	23.44
	Bosque nativo	32.66
	Tierra agropecuaria	38.14
	Cuerpo de agua	0.09



SIMBOLOGÍA

- LÍMITE MICROCUENCA
- LAGUNA
- LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE USO ACTUAL DE SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

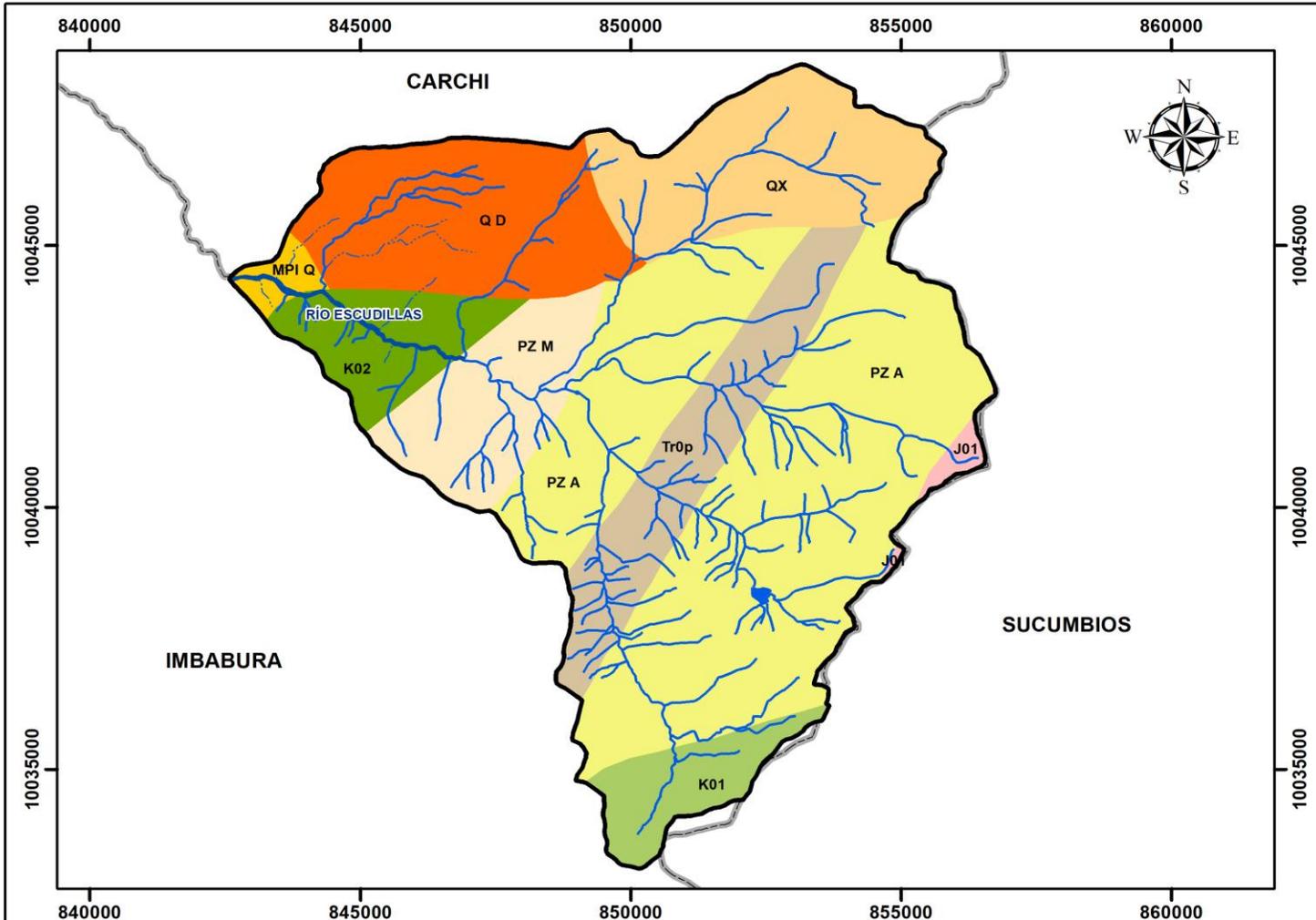
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

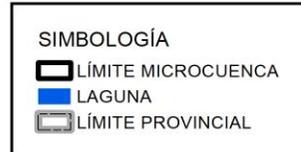
Fecha:
16/11/2021

Fuente:
Ex IEE, 2019

MAPA DE LITOLOGÍA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Litología	Porcentaje (%)
Q D	Piroclastos, lahares, flujos de lavas	13.67
MPI Q	Arcillas, tobas, areniscas, conglomerados	1.21
PZ A	Esquistos y gneises semipelíticos	42.98
J01	Granodiorita, diorita, granito gneisico	0.74
K01	Granito	4.54
QX	Roca volcánica	12.77
TrOp	Pegmatitas	10.08
PZ M	Anfobolitas basálticas	8.15
K02	Granodiorita	5.82



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE LITOLOGÍA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

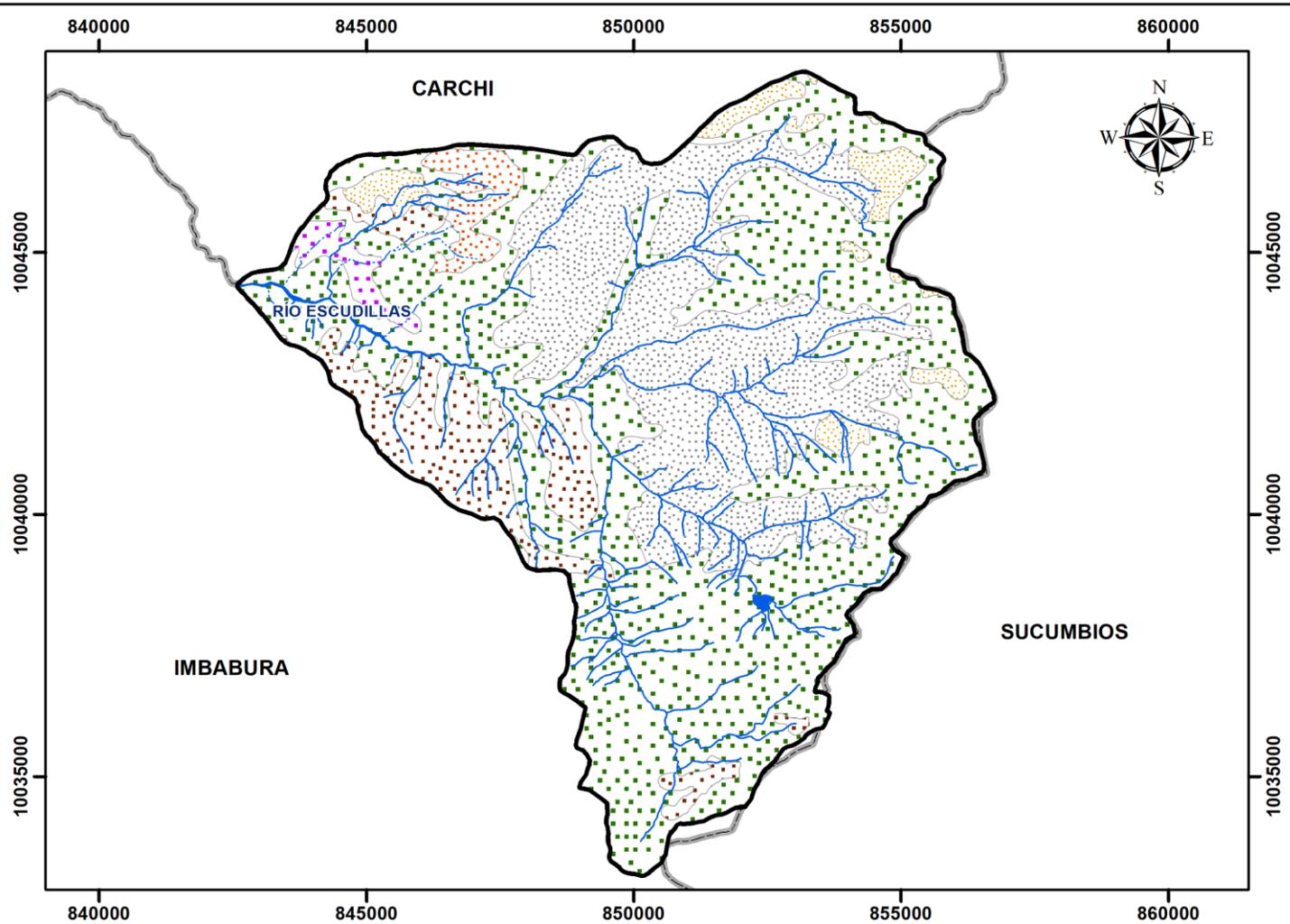
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

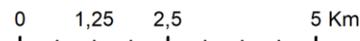
Fecha:
29/10/2021

Fuente:
INGEMMET, 2017

MAPA DE LA TEXTURA DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Textura	Porcentaje (%)
	Fina	3.65
	Fina - Muy fina	28.7
	Media - Fina	2.00
	Gruesa - Muy fina	9.25
	Gruesa - Media	1.35
	Gruesa	55.0



SIMBOLOGÍA	
	LÍMITE MICROCUENCA
	LAGUNA
	LÍMITE PROVINCIAL

79°0'0"W
78°30'0"W
78°0'0"W
77°30'0"W

1°0'0"N
0°30'0"N
0°0'0"

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

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE LA TEXTURA DEL SUELO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

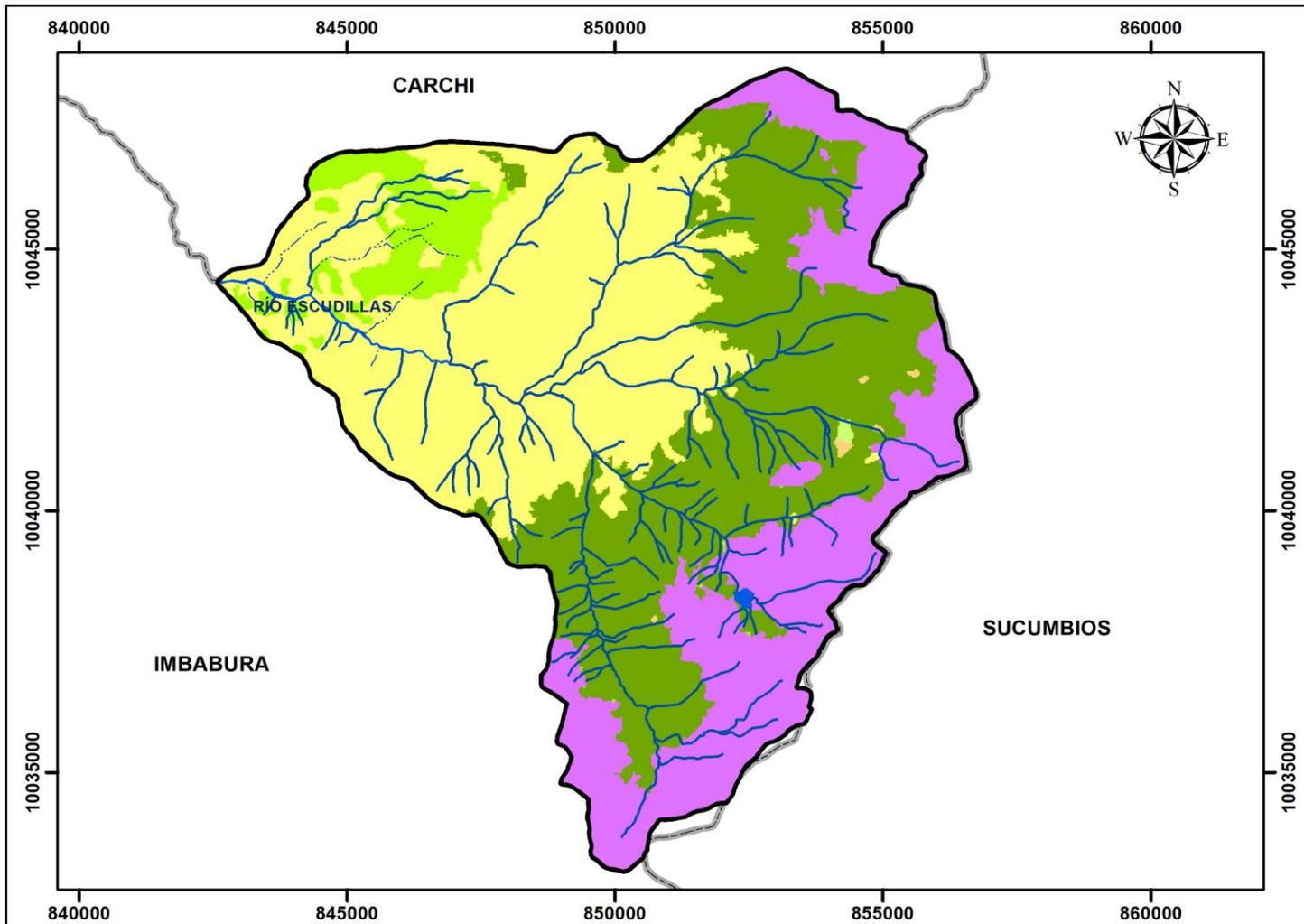
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

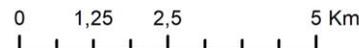
Fecha:
29/10/2021

Fuente:
Ex IEE, 2019

MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Categorías	Porcentaje (%)
	Vegetación herbácea	0.09
	Áreas degradadas	0.16
	Vegetación arbustiva	5.41
	Páramo	23.44
	Bosque nativo	32.66
	Áreas intervenidas	38.14
	Laguna	0.09



SIMBOLOGÍA	
	LÍMITE MICROCUENCA
	LÍMITE PROVINCIAL
	LAGUNA

79°0'0"W
78°30'0"W
78°0'0"W
77°30'0"W

1°0'0"N
0°30'0"N
0°0'0"N

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

PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN

"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DE LA COBERTURA VEGETAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

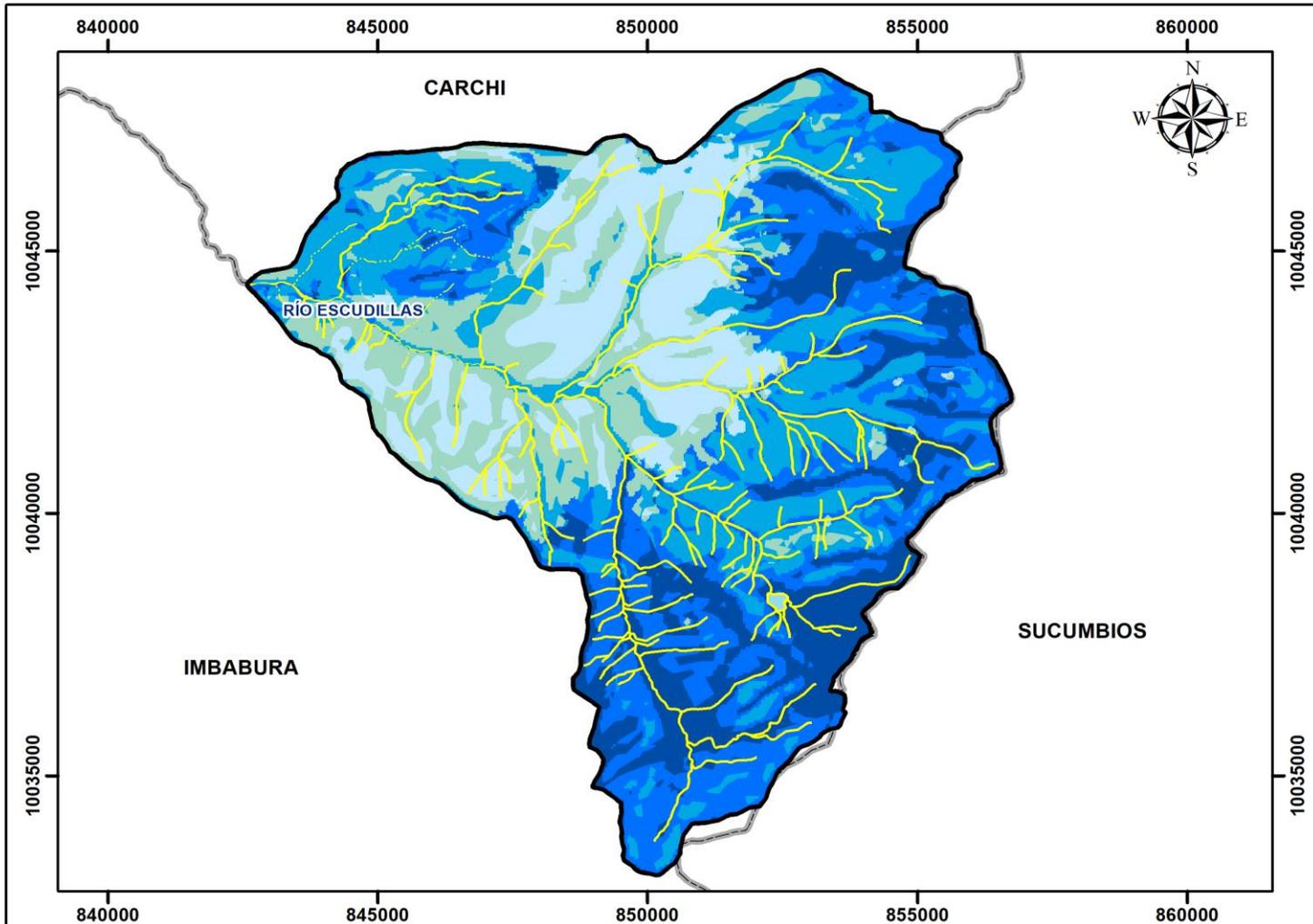
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

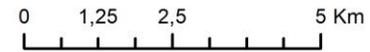
Fecha:
05/11/2021

Fuente:
Ex IEE, 2019

MAPA DEL POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Potencial de Recarga Hídrica	Porcentaje (%)
	Muy Baja	15.45
	Baja	16.17
	Moderada	26.3
	Alta	25.19
	Muy Alta	16.88



SIMBOLOGÍA

- LÍMITE MICROCUENCA
- LAGUNA
- LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN
"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: MAPA DEL POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

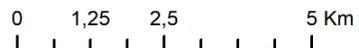
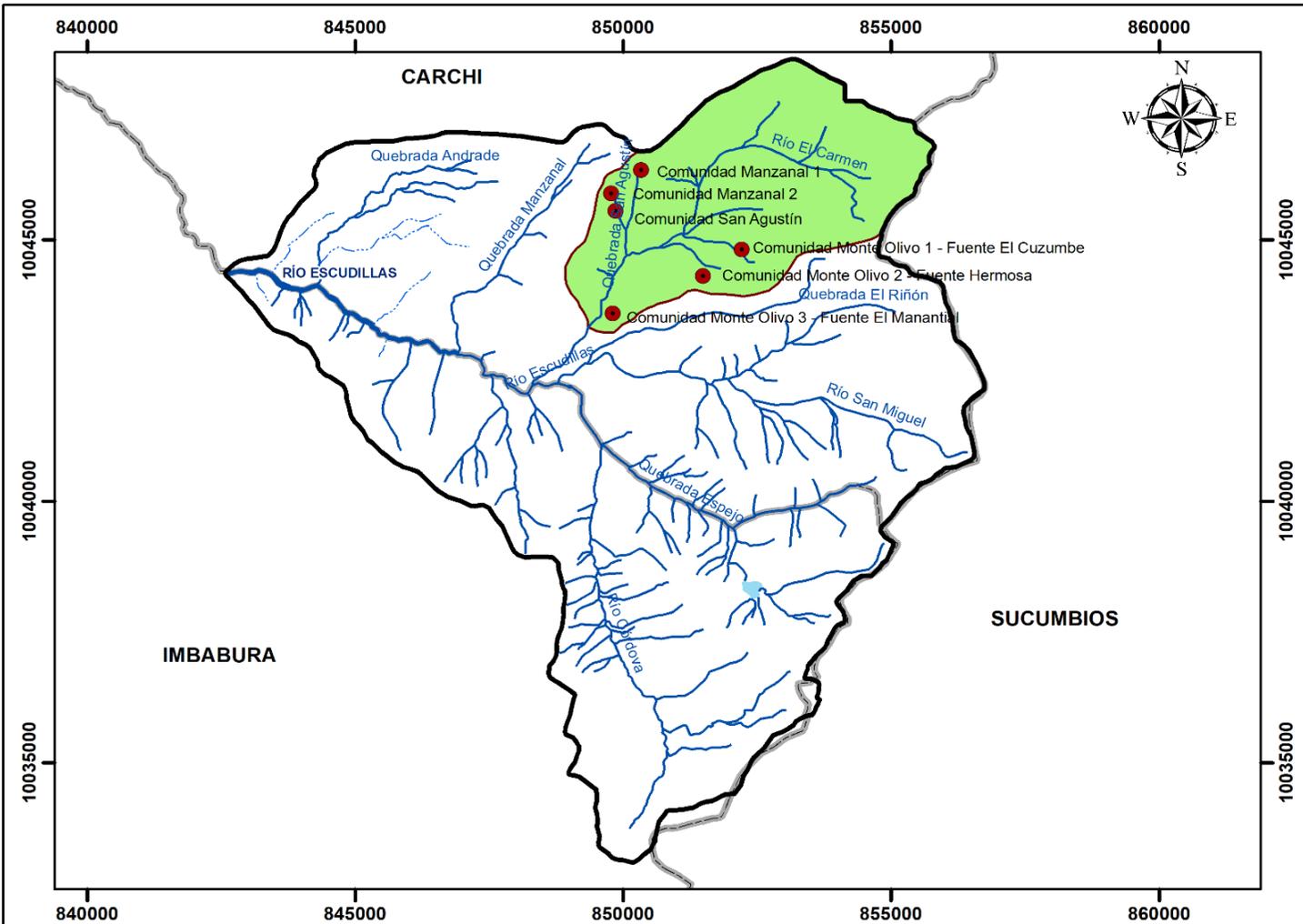
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

Fecha:
18/11/2021

Fuente:
Elaboración propia,
2021

MAPA DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARA LAS FUENTES DE AGUA DE USO DOMÉSTICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Área (ha)	Área (km ²)
	2007	20



SIMBOLOGÍA

- FUENTES DE AGUA
- LÍMITE MICROCUENCA
- ÁREA DE INFLUENCIA
- LÍMITE PROVINCIAL
- LAGUNA



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN
"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: **MAPA DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARA LAS FUENTES DE AGUA DE USO DOMÉSTICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS**

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

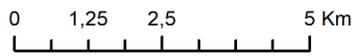
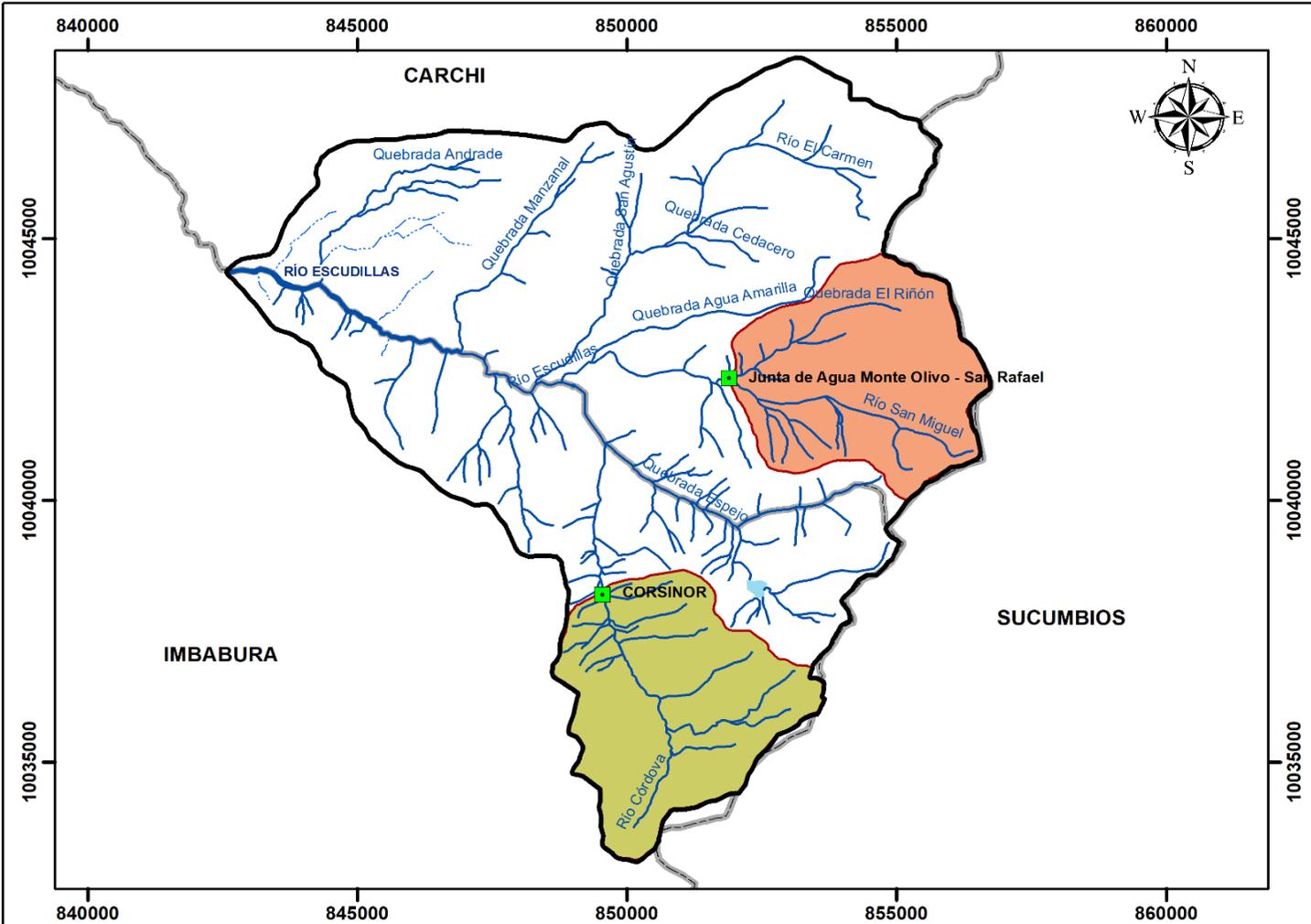
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

Fecha:
12/11/2021

Fuente:
Elaboración propia,
2021

MAPA DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARA LAS FUENTES DE AGUA DE RIEGO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Fuente de Agua	Área (ha)	Área (km ²)
	Junta de agua Monte Olivo - San Rafael	1512	15
	CORSINOR	1621	16



Captación de agua para el canal de riego Monte Olivo-San Rafael



Río Córdova - Sitio de captación para la concesión a nombre de la antigua CORSINOR

SIMBOLOGÍA

- FUENTES DE AGUA
- LÍMITE MICROCUENCA
- ÁREA DE INFLUENCIA
- ÁREA DE INFLUENCIA
- LAGUNA
- LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
DATUM WGS1984
ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN
"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene: MAPA DEL ÁREA DE INFLUENCIA PARA LAS FUENTES DE AGUA DE RIEGO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Elaborado por:
Andrea Montesdeoca Portilla

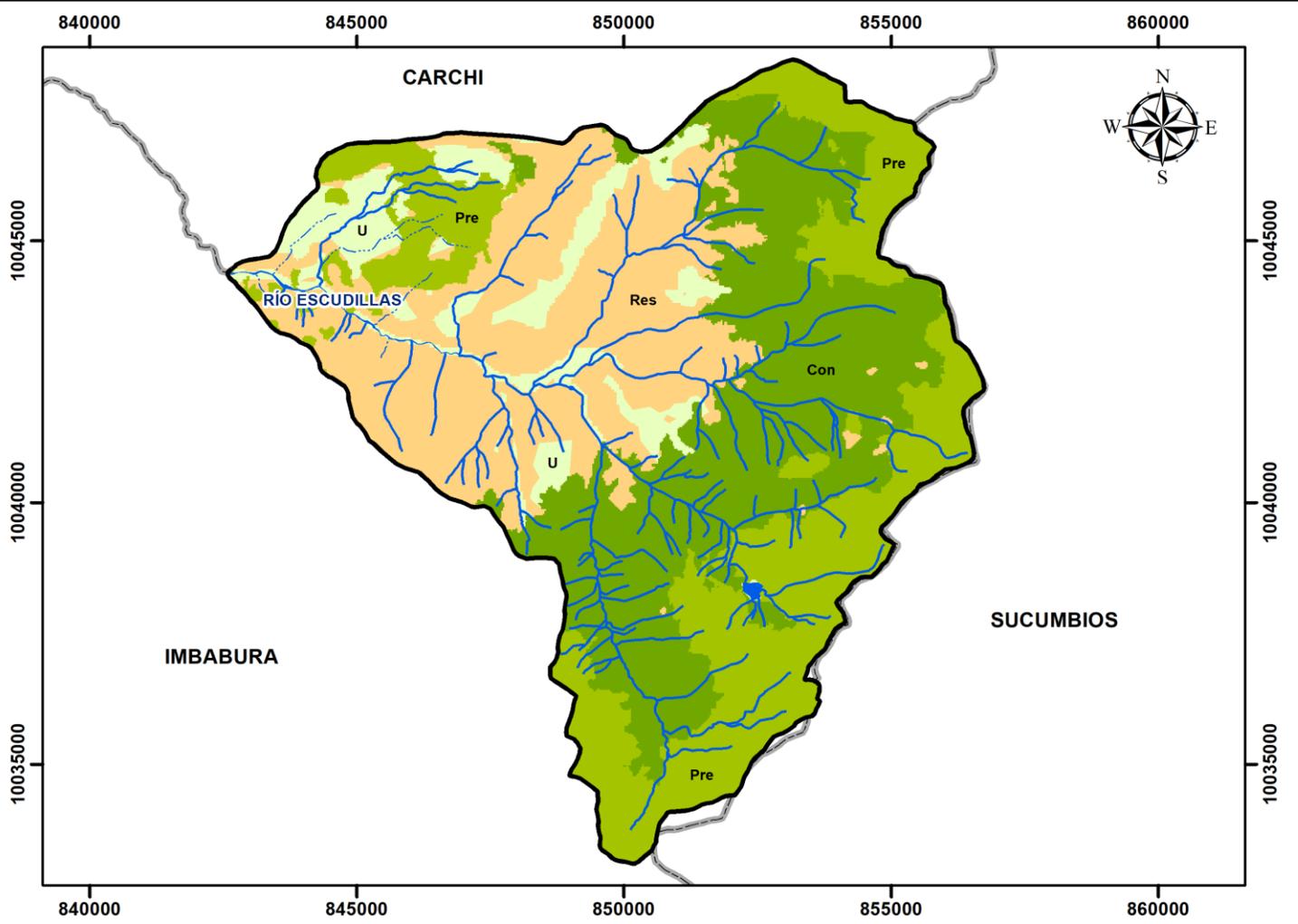
Escala de elaboración:
1:250000

Escala de impresión:
1:125000

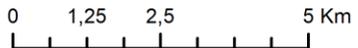
Fecha:
12/11/2021

Fuente:
Elaboración propia,
2021

MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA PROTECCIÓN DE LAS FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS



Símbolo	Lineamiento	Porcentaje (%)
■ Con	Conservación	32.66
■ Pre	Preservación	28.94
■ Res	Restauración	29.38
■ U	Uso	9.01



SIMBOLOGÍA	
▭	LÍMITE MICROCUENCA
▭	LAGUNA
▭	LÍMITE PROVINCIAL



PROYECCIÓN UNIVERSAL TRANSVERSAL DE MERCATOR
 DATUM WGS1984
 ZONA 17 HEMISFERIO SUR

TEMA DE INVESTIGACIÓN
"Establecimiento de las áreas de protección en las fuentes de agua de la microcuenca del río Escudillas"

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

Contiene:
MAPA DE ZONIFICACIÓN DE LINEAMIENTOS PARA LA PROTECCIÓN DE FUENTES DE AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO ESCUDILLAS

Elaborado por:
 Andrea Montesdeoca Portilla

Escala de elaboración:
 1:250000

Escala de impresión:
 1:125000

Fecha:
 14/12/2021

Fuente:
 Elaboración propia, 2021