



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES
CARRERA FORESTAL

“DISEÑO DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN PARA LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA POTENCIAL EN LOS ECOSISTEMAS FRÁGILES DE LA PARROQUIA PUNGALÁ, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA FORESTAL

AUTOR/(ES): VERONICA JANNETH AUCANCELA GUANOLEMA

DIRECTOR(A): Ing. NORMA XIMENA LARA VASCONEZ Msc.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Verónica Janneth Aucancela Guanolema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, **Verónica Janneth Aucancela Guanolema**, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y al proyecto DIMATEZ.

Riobamba, 16 de diciembre del 2021



Verónica Janneth Aucancela Guanolema
C.I: 060351986-9

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE RECURSOS NATURALE
CARRERA DE INGENIERIA FORESTAL

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo proyecto de investigación **“DESEÑO DE MEDIDAS DE CONSERVACIÓN PARA LAS ZONAS DE RECARGA HÍDRICA POTENCIAL EN LOS ECOSISTEMAS FRÁGILES DE LA PARROQUIA PUNGALÁ, CANTÓN RIOBAMBA, PROVINCIA DE CHIMBORAZO”**, realizado por la señorita: **VERÓNICA JANNETH AUCANCELA GUANOLEMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Norma Ximena Lara Vásquez Msc. DIRECTORA DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2021-12-16
Ing. Jonny Israel Guaiña Yungan Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2021-12-16

DEDICATORIA

A Dios, por ser el pilar fundamental en vida, quien nunca me dejó sola y guió mi camino para llevarme a cumplir uno de mis mayores metas. A mis padres Virgilio Aucancela e Hilda Guanolema por todo su amor, comprensión y apoyo incondicional de quienes aprendí nunca rendirme y dar lo mejor de mí para cumplir mis objetivos planteados, quienes día a día con sus palabras y sonrisa me motivaron a culminar mi formación académica. A mis hermanos Marco, Wilmer y Sara que aparte de la sangre que nos une son mis mejores amigos, aliados y cómplices, por todo el apoyo y palabras de aliento, por ser el motivo para no rendirme en esta larga travesía. A mi abuelita Vicenta Naula mi segunda madre por llenarme de amor y ternura que desde el cielo nunca me abandona, guía cada uno de mis pasos. Gracias por todas las enseñanzas que me dejaste. A mi hermosa hija Valeria, que llegó en el mejor momento y dio un rumbo a mi vida, es mi mejor regalo que junto con su padre Fernando me han llenado mis días de mucha alegría, que por ustedes y por mí lucharé cada día de mi vida para cumplir mis sueños. A mis sobrinos Alejandro y Mateo quienes con su inocencia llenaron mis días de alegría y aliento, que son motor y fuerza para soportar las dificultades presentadas en el camino para llegar hacia a mi meta y poder ser un orgullo para cada uno. Decirles que el éxito demanda de mucho esfuerzo, sacrificio y amor.

Vero

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por su amor infinito, bendiciones y permitirme culminar esta etapa de mi vida.

A mis padres y hermanos por su apoyo incondicional, gracias por brindarme tanto amor durante mi vida universitaria sin ustedes no podría haber sobrellevado todos los momentos difíciles que pase.

A mi novio y amigos por el apoyo incondicional, momentos maravillosos compartidos que han forjado nuestra amistad.

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me permitió formarme en ella.

A mi Directora de Tesis Msc. Norma Lara por su voluntad de enseñanza y conocimientos impartidos. Gracias por ser un gran docente y directora.

Al proyecto DIMATEZ, en especial al Ingeniero Diego Cushquicullma por su guía y apoyo incondicional.

Vero

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL	8
1.1. Hidrología.....	8
1.1.1. Ciclo hidrológico.....	8
1.1.1.1. Precipitación.....	9
1.1.1.2. Evaporación y evapotranspiración (ET).....	9
1.1.1.3. Evapotranspiración potencial (ETP).....	10
1.1.1.4. Evapotranspiración real (ETR).....	10
1.1.1.5. Escorrentía.....	10
1.1.1.6. Infiltración.....	10
1.2. Recarga hídrica	11
1.2.1. Zona de recarga hídrica	11
1.2.2. Factores que afectan la recarga hídrica.....	11
1.2.2.1. El clima.....	11
1.2.2.2. El suelo.....	11
1.2.2.3. La topografía.....	12
1.2.2.4. Los estratos geológicos.....	12
1.2.2.5. La cobertura vegetal.....	12
1.2.2.6. El escurrimiento.....	12
1.2.3. Clasificación de las zonas potenciales de recarga hídrica	12
1.2.3.1. Las zonas de mayor potencial (Muy alto + alto).....	13

1.2.3.2.	<i>Las zonas con potencial medio</i>	13
1.2.3.3.	<i>Las zonas de bajo y muy bajo potencial</i>	13
1.3.	Metodología de estimación de recarga hídrica	13
1.3.1.	<i>Balance hídrico de suelos</i>	13
1.4.	VARIABLES biofísicas del balance hídrico	14
1.4.1.	<i>Textura del suelo</i>	14
1.4.2.	<i>Pendiente</i>	15
1.4.3.	<i>Capacidad de campo (CC)</i>	15
1.4.4.	<i>Punto de marchitez permanente (PMP)</i>	15
1.4.5.	<i>Disponibilidad de agua en el suelo</i>	15
1.4.6.	<i>Densidad y densidad aparente</i>	16
1.4.7.	<i>Profundidad efectiva</i>	16
1.5.	Amenaza	16
1.6.	Vulnerabilidad	17
1.6.1.	<i>Evaluación de vulnerabilidad</i>	17
1.7.	Riesgo	17
1.8.	Sistemas de información Geográfica y su aplicación	18
1.8.1.	<i>Evaluación de amenaza y riesgo por medio de SIG</i>	18
1.8.2.	<i>Modelo ráster</i>	18
1.8.3.	<i>Modelo vectorial</i>	18
1.8.4.	<i>Matriz de ponderación espacial</i>	19
1.8.5.	<i>Evaluación multicriterio</i>	19
1.9.	Worldclim	20
1.10.	Conservación	20
1.10.1.	<i>Servicio ambiental</i>	20
1.10.2.	<i>Bien Ambiental</i>	20
1.11.	Marco lógico	21

CAPITULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	21
-----------	---------------------------------	-----------

2.1.	Caracterización de la zona de estudio.....	21
2.1.1.	<i>Característica generales</i>	21
2.1.2.	<i>Localización</i>	21
2.1.3.	<i>Ubicación geográfica.....</i>	22
2.1.4.	<i>Caracterización climática.....</i>	22
2.1.5.	<i>Componente biofísico</i>	23
2.1.5.1.	<i>Relieve</i>	23
2.1.5.2.	<i>Geología.....</i>	23
2.1.5.3.	<i>Taxonomía, cobertura y uso del suelo.....</i>	24
2.1.5.4.	<i>Pendiente</i>	24
2.2.	Equipos y Materiales.....	25
2.2.1.	<i>Equipos</i>	25
2.2.2.	<i>Materiales.....</i>	25
2.3.	Metodología de Estudio.....	25
2.3.1.	<i>Primer objetivo: Determinar las zonas de recarga hídrica potencial mediante la metodología de balance hídrico de suelos.....</i>	25
2.3.1.1.	<i>Preparación de capas temáticas.....</i>	25
2.3.1.2.	<i>Análisis multicriterio.....</i>	29
2.3.1.3.	<i>Obtención de datos para el cálculo de recarga.....</i>	30
2.3.2.	<i>Fórmulas utilizadas en el cálculo recarga potencial.....</i>	32
2.3.3.	<i>Segundo objetivo: Identificar amenazas y vulnerabilidades en zonas con alto potencial de recarga hídrica.....</i>	45
2.3.3.1.	<i>Riesgos por deslizamiento</i>	45
2.3.3.2.	<i>Riesgos por erosión.....</i>	52
2.3.3.3.	<i>Riesgos por intervención antrópica</i>	56
2.3.3.4.	<i>Metodología de Vulnerabilidad</i>	58
2.3.4.	<i>Tercer objetivo: Proponer medidas de manejo y conservación para las zonas con alto potencial de recarga hídrica.....</i>	59
2.3.4.1.	<i>Metodología.....</i>	59

CAPITULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN	67
3.1.	Resultados	67
3.1.1.	Zonas potenciales de recarga hídrica	67
3.1.1.1.	<i>Calculo de precipitación</i>	69
3.1.1.2.	<i>Evapotranspiración (ATP) en las zonas con alto potencial de recarga hídrica</i>	69
3.1.1.3.	<i>Recarga de acuífero</i>	70
3.1.2.	Amenaza y vulnerabilidad de las zonas potenciales de recarga hídrica	73
3.1.2.1.	<i>Identificación de amenaza y vulnerabilidad por deslizamiento</i>	73
3.1.2.2.	<i>Amenaza por erosión hídrica</i>	76
3.1.2.3.	<i>Amenaza por intervención antrópica</i>	78
3.1.3.	Análisis estadístico de la hipótesis	81
3.1.4.	Implementación de propuesta de medidas de conservación	83
3.1.4.1.	<i>Análisis de actores involucrados</i>	83
3.1.4.2.	<i>Análisis de árbol de problemas</i>	85
3.1.4.3.	<i>Análisis de árbol de objetivos y alternativas</i>	86
3.1.4.4.	<i>Análisis de matriz de marco lógico</i>	86
3.1.4.5.	<i>Estimación de costos para cada proyecto de las medidas propuestas</i>	88
3.2.	Discusión	99

CONCLUSIONES	106
---------------------------	------------

RECOMENDACIONES	108
------------------------------	------------

PRESUPUESTO	109
--------------------------	------------

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Descripción de las categorías típicas de relieve, Pungalá	23
Tabla 2-2:	Uso y cobertura del suelo en la Parroquia Rural de Pungalá	24
Tabla 3-2:	Parámetros cartográficos aplicados en el estudio	25
Tabla 4-2:	Criterios y clases utilizados en la determinación del potencial de recarga hídrica	28
Tabla 5-2:	Escala de valorización entre dos parámetros	29
Tabla 6-2:	Resultado de las muestras de suelo, Pungalá	31
Tabla 7-2:	Valores de velocidad de infiltración según del tipo de suelo	33
Tabla 8-2:	Componentes del coeficiente de infiltración	34
Tabla 9-2:	Profundidad de raíces en diferente cultivo	36
Tabla 10-2:	Valores de punto de marchitez permanente y capacidad de campo	36
Tabla 11-2:	Ponderación del factor pendiente	46
Tabla 12-2:	Ponderación del factor cobertura vegetal	48
Tabla 13-2:	Ponderación del factor precipitaciones	49
Tabla 14-2:	Ponderación de factor textura de suelo	53
Tabla 15-2:	Ponderación de factor pendiente	54
Tabla 16-2:	Ponderación del factor uso y cobertura de suelo	56
Tabla 17-2:	Variables y zonas de influencia	59
Tabla 18-2:	Modelo de cuadro para análisis de involucrados	61
Tabla 19-2:	Formato de tabla para estimación de costo propuesta para cada medida	66
Tabla 1-3:	Datos obtenidos para el uso en balance hídrico de suelos	71
Tabla 2-3:	Cálculo del volumen de recarga en zonas determinadas potenciales de recarga hídrico	72
Tabla 3-3:	Actores involucrados en la propuesta de medida y conservación	83
Tabla 4-3:	Matriz de marco lógico, indica las medidas y proyectos a realizar en la propuesta	86
Tabla 5-3:	Costo de consultoría en temas de recursos hídricos	89
Tabla 6-3:	Levantamiento de información actualizada	90
Tabla 7-3:	Diseño e implementación de sistemas de producción agroforestales para 1 ha	91
Tabla 8-3:	Diseño e implementación de sistemas de producción silvopastoril para 1 ha	92
Tabla 9-3:	Costo de consultoría	94

Tabla 10-3: Costo de revegetación en zonas de interés hídrico.....	95
Tabla 11-3: Costo de monitoreo, seguimiento y evaluación del proyecto. Error! Bookmark not defined.	
Tabla 12-3: Costo del proyecto en educación ambiental.....	98
Tabla 13-3: Costo total de cada medida propuesta	98
Tabla 14-3: Presupuesto estimado para el desarrollo de la presente investigación.....	109

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1:	Representación esquemática de ciclo hidrológico	8
Figura 2-1:	Representación esquemática del triángulo textural del suelo	14
Figura 1-2:	Mapa de ubicación de la zona de estudio	22
Figura 2-2:	Esquema de flujo para determinar zonas potenciales de recarga hídrica	26
Figura 3-2:	Mapa de pendiente reclasificado.....	47
Figura 4-2:	Mapa de cobertura vegetal (MAGAP, 1991	48
Figura 5-2:	Mapa de Cobertura Vegetal reclasificada.....	49
Figura 6-2:	Mapa de precipitación media anual en mm	50
Figura 7-2:	Mapa de precipitación reclasificada.....	51
Figura 8-2:	Mapa de textura de suelo reclasificada.....	54
Figura 9-2:	Mapa de pendiente de suelo	55
Figura 10-2:	Mapa de uso y cobertura vegetal. MAE, 2018	57
Figura 11-2:	Mapa de uso y cobertura de suelo reclasificado	58
Figura 12-2:	Marco Lógico y el ciclo de vida del proyecto.....	60
Figura 13-2:	Representación esquemática del árbol de problemas	62
Figura 14-2:	Representación esquemática de análisis de árbol de objetivos y alternativa	64
Figura 15-2:	Representación esquemática de Matriz de Marco Lógico, CEPAL- ILPES	66
Figura 1-3:	Mapa de zonas con alto potencial de recarga hídrica	68
Figura 2-3:	Mapa de precipitación en las zonas con muy alto potencial de recarga hídrico	.69
Figura 3-3:	Mapa de evapotranspiración anual en zonas con alto potencial de recarga hídrica	70
Figura 4-3:	Mapa de amenazas por deslizamiento	73
Figura 5-3:	Mapa de zonas vulnerables a deslizamiento	75
Figura 6-3:	Mapa de amenazas por erosión hídrico	76
Figura 7-3:	Mapa de zonas vulnerables a erosión.....	77
Figura 8-3:	Mapa de amenazas por intervención antrópico.....	78
Figura 9-3:	Mapa de zonas vulnerables a intervención antrópico.....	80
Figura 10-3:	Árbol de problemas en zonas potenciales de recarga hídrico	85
Figura 11-3:	Árbol de objetivos y sus alternativas para medidas de conservación	86

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Histograma de distribución normal ZRHP	81
Gráfico 2-3:	Prueba de normalidad Minitab, ZRHP	82

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** MAPA DE PRECIPITACIÓN ANUAL EN ZONA CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PUNGALÁ
- ANEXO B:** MAPA DE TEMPERATURA ANUAL EN ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PUNGALÁ
- ANEXO C:** MAPA DE ÍNDICE DE CALOR ANUAL EN ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PUNGALÁ
- ANEXO D:** MAPA DE EXPONENTE (A) DE LAS ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PARROQUIA PUNGALÁ
- ANEXO E.** MAPA DE EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL EN LAS ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PARROQUIA PUNGALÁ
- ANEXO F:** MAPA DE PUNTOS DE UBICACIÓN DE MUESTREO DE SUELO, PARROQUIA PUNGALÁ – PROYECTO DIMATEZ
- ANEXO G:** INFORME DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELO DE LA PARROQUIA PUNGALÁ- PROYECTO DIMATEZ

RESUMEN

El presente estudio tuvo como propósito determinar las zonas de recarga hídrica potencial, además de identificar sus amenazas para finalmente proponer medidas de conservación en la parroquia Pungalá. Se contempló la realización de 3 fases: la primera consistió en delimitar las zonas de recarga hídrica potencial mediante los sistemas de información geográfica aplicando el método indirecto semicuantitativo de evaluación multicriterio y la combinación lineal ponderada usando variables como: litología, textura de suelo, topofomas, pendiente, cobertura vegetal y precipitación; para luego proceder a calcular el volumen de recarga aplicando el método de balance hídrico de suelos. En la segunda fase se identificaron las amenazas y vulnerabilidades como: deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópica con tres niveles de intensidad (alto, medio y bajo) usando la misma metodología que se aplicó para la realización del primer objetivo, empleando variables como: cobertura vegetal, precipitación, textura del suelo, uso del suelo, pendiente y precipitación. En la tercera fase se propuso medidas de conservación fundamentadas en la metodología del marco lógico donde se realizó el análisis de involucrados, análisis del problema y definición de alternativas, para finalmente estructurar metas, indicadores y perfiles de proyectos para asegurar los servicios ecosistémicos a los pobladores. Se determinaron 6.647,11 hectáreas con muy alto potencial de recarga hídrica que recargan 47'714.415,32 metros cúbicos de agua, 3442,35 hectáreas están amenazadas por erosión hídrica, 290,82 hectáreas por deslizamiento y 1458,78 hectáreas por intervención antrópica; ubicadas al noroeste y centro sur de la parroquia, las medidas de conservación propuestas fueron: investigación científica, incentivos productivos y restauración. La parroquia Pungalá posee importantes zonas de recarga hídrica con alto grado de amenaza debido a la intervención antrópica por lo que es necesario ejecutar acciones de conservación.

Palabras clave: <RECARGA HÍDRICA POTENCIAL>, <DESLIZAMIENTO>, <EROSIÓN HÍDRICA>, <INTERVENCIÓN ANTRÓPICA >, <MEDIDAS DE CONSERVACIÓN>, <PUNGALÁ (PARROQUIA)>.

**CRISTHIAN
FERNANDO
CASTILLO
RUIZ**

Firmado digitalmente
por CRISTHIAN
FERNANDO CASTILLO
RUIZ
Fecha: 2022.01.25
18:15:13 -05'00'



0121-DBRA-UTP-2022

ABSTRACT

The purpose of this study was to determine the potential water recharge zones and identify their threats in order to propose conservation measures in Pungalá parish. The first phase consisted on delimiting the potential water recharge zones using geographic information systems by applying the indirect semi-quantitative method of multicriteria evaluation and the weighted linear combination using variables such as lithology, soil texture, topography, slope, vegetation cover and precipitation, and then proceeding to calculate the volume of recharge by applying the soil water balance method. In the second phase, threats and vulnerabilities such as landslides, water erosion and anthropic intervention were identified with three levels of intensity (high, medium and low) using the same methodology applied for the first objective, using variables such as: vegetation cover, precipitation, soil texture, land use, slope and precipitation. In the third phase, conservation measures were proposed based on the logical framework methodology where the analysis of stakeholders, problem analysis and definition of alternatives were carried out, to finally structure goals, indicators and project profiles to ensure ecosystem services to the inhabitants. A total of 6,647.11 hectares were identified with very high water recharge potential that recharge 47'714,415.32 cubic meters of water, 3442.35 hectares are threatened by water erosion, 290.82 hectares by landslides and 1458.78 hectares by anthropogenic intervention; located in the northwest and south center of the parish, the proposed conservation measures were: scientific research, productive incentives and restoration. Pungalá parish has important water recharge areas with a high degree of threat due to anthropic intervention; therefore, it is necessary to implement conservation actions.

Key words: <POTENTIAL WATER RECHARGE>, <SLIPPING>, <WATER EROSION>, <ANTHROPIC INTERVENTION>, <CONSERVATION MEASURES>, <PUNGALÁ (PARISH)>.



Firmado electrónicamente por:
ELSA AMALIA
BASANTES
ARIAS

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador el páramo un ecosistema principal por su abastecimiento de agua que consumen las comunidades andinas, tanto rurales como urbanas. En efecto, uno de los servicios más importantes que presta el páramo a las poblaciones es la provisión de agua de excelente calidad y de forma constante durante todo el año (Llambí et al., 2012:p.98). Estos ecosistemas semihúmedos y fríos se encuentran formando un corredor casi intacto sobre la Cordillera de los Andes, por encima del límite superior actual o potencial de bosque, poseen suelos muy apetecibles para la producción agropecuaria la misma que se ven amenazadas por el avance de la frontera agrícola (Mena y Hofstede 2006, pp.1-19).

Según Cuesta et al. (2014), de acuerdo a la vegetación del Ecuador, los herbazales inundables más diversos se encuentran en los páramos de la provincia de Chimborazo. La diversidad del páramo no está reflejada solo en su flora, fauna y paisaje, sino también en sus habitantes. La diversidad cultural y étnica hacen que la alta montaña, aparte de la Amazonía, sea el único lugar donde todavía se hallan rasgos del Ecuador nativo, indígena.

Normalmente las altas precipitaciones definen las zonas de recarga hídrica en las zonas montañosas, sin embargo, las peculiaridades del páramo como la neblina y el rocío, las bajas temperaturas por las noches que forman hielo y altas temperaturas 24°C durante del día provoca el deshielo que agrega agua a los vertientes (Buytaert et al., 2006, pp. 53-72).

Según Barreno (2016, p. 28), el equilibrio ecológico de un lugar depende de la identificación de las zonas de recarga hídrica. La alteración de las mismas trae consigo consecuencias hidrológicas a nivel local como regional. Pungalá aporta agua para la microcuenca Alao forma parte de la subcuenca de Rio Chambo quien se encuentra en su totalidad dentro de la provincia de Chimborazo, formando la parte de la Cuenca alta de río Pastaza.

En la actualidad hay varios métodos para determinar la recarga hídrica una de estas es el procesamiento de datos espaciales (geo procesamiento) procedentes del campo y relacionados con datos (textura de suelo, pendiente, cobertura vegetal, precipitación, uso del suelo) necesarios para calcular recarga hídrica y utilizando el software ArcGIS 10.8. Aplicando una serie de pasos y herramientas al dicho procesamiento posteriormente al análisis de datos, a fin de obtener un

resultado de forma automática, ahorrando tiempo y eliminando error por parte del ejecutor del estudio.

Las amenazas, riesgo y vulnerabilidad en las zonas de recarga hídrica son cada vez más crecientes esto debido a deforestación, incendios que provoca la pérdida de cobertura vegetal con el fin de aumentar áreas agrícolas que provoca la inestabilidad hidrológica (Jaramillo y Merchan, 2018,p.1), por ende la disponibilidad y calidad del recurso hídrico sea a corto o largo plazo.

Las condiciones climáticas de las partes andinas del Ecuador permiten el desarrollo de grandes extensiones de páramos y un sin número de ecosistemas todas diferentes, la presencia del ser humano puede cambiar el correcto funcionamiento del mismo (Serrano y Galarraga, 2015 ; citado en Jaramillo y Merchan, 2018).

Para mantener y proveernos de los servicios que nos brinda los recursos hídricos es necesario realizar programas o medidas de educación y conciencia, planificación y gestión integral de los recursos hídricos, prevención en contaminación e incentivos económicos por conservación la cual en un futuro asegura la soberanía alimentaria beneficiando a nivel local y regional.

Problemática

El desconocimiento de la cantidad y calidad de agua en las zonas de recarga hídrica, factores importantes para la falta de interés en la conservación del páramo que desencadenan una serie de problemas a estos ecosistemas de importancia ambiental y económica por expansión territorial para actividades agrícolas, forestales y ganaderas.

Desde tiempo ancestrales los habitantes de los páramos dependen de la agricultura y la ganadería, el paso de los años y el aumento de población urbana como rural y su demanda de alimento a causado el avance de la frontera agrícola y ganadera desgastando a un ritmo acelerado el recurso agua y suelo.

Según Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural de Pungalá (2015, p.13-19), entre los problemas que presenta la parroquia Pungalá resaltan. *“La degradación del recurso suelos son: basura inorgánica, laboreo, erosión y agroquímicos, aunque también existe un efecto negativo por el sobre pastoreo de ganado los habitantes no consideran con una acción de la degradación del recurso”*.

Otro de los problemas que resaltan el (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquia Rural De Pungalá, 2015). *“La degradación del recurso agua las principales acciones: quema de páramos (alta intensidad), basura inorgánica, deforestación bosque nativo (alta intensidad), contaminación por basura inorgánica, agroquímicos”*.

La contaminación reduce la disponibilidad de agua las misma que es consumida por los pobladores, sirve de riego, abrevadero y generación hidroeléctrica, de acuerdo a lo mencionado se requiere de estudios y alternativas para controlar su efecto (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural Pungalá, 2015).

La ocurrencia de eventos naturales como deslizamientos desde el año 1985 son repetitivos anuales que causan daños materiales a los asentamientos humanos, por otra parte, las acciones antrópicas como la quema de páramos, deforestación y contaminación por agroquímicos contribuyen a la degradación de suelo por ende a la erosión (Gobiernos Aotónimo Descentralizado de la Parroquia Rural Pungala, 2015).

Las zonas susceptibles a degradación de recurso agua y suelo se encuentran distribuidos por todo la parroquia principalmente en los páramos, la necesidad de estudios específicos para implementar alternativas que ayuden a mitigar el proceso de degradación es imprescindible (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural Pungalá, 2015).

Justificación

En la ley de recursos hídricos presente en el Artículo 111.- Protección en fuentes de agua “*La Autoridad Única del Agua y la Autoridad Ambiental Nacional emitirán las regulaciones necesarias para garantizar la conservación y el equilibrio de los ecosistemas, en especial de las fuentes y zonas de recarga de agua*”(Constitución de la república del Ecuador, 2015), así como el artículo 117 menciona que “*Uso y aprovechamiento. Para la exploración y a floración de aguas subterráneas, que su alumbramiento no perjudique las condiciones del acuífero ni la calidad del agua ni al área superficial comprendida en el radio de influencia del pozo o galería; y, que no produzca interferencia con otros pozos, galerías o fuentes de agua y en general, con otras a floraciones preexistentes*” (Secretaría del Agua, 2014,pp. 30 -31).

De acuerdo al artículo 1 del Código Orgánico del Ambiente (2017,p.11), indica “*Garantizar el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, así como proteger los derechos de la naturaleza para la realización del buen vivir o sumak kawsay*”.

Pungalá es considerado un lugar de ambiente sano, pero también derrochador de recursos hídricos, la conservación en este territorio es de alta prioridad aún más en zonas cubierta por vegetación natural remanente. De las 156 captaciones de agua existentes: 103 se ubican en zonas producción de pastos también considerados zonas improductivas; 49 se localizan en zonas de páramo y de bosques nativos; 4 se sitúan sobre áreas con bosques exóticos a su alrededor (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá, 2015,p.19).

De acuerdo a registros de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA), las 156 concesiones de agua están orientadas para las áreas productivas de los asentamientos humanos, esto en relación al total de volumen asignado. La asignación del volumen de agua es: 20,84% se designan para la producción agropecuaria y el 16,62% se destina a cubrir el consumo humano y doméstico, también cabe mencionar que el mayor volumen de agua concesionado está destinado a la generación de energía eléctrica (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá, 2015). El presente trabajo de investigación ayudará a la falta de medidas concertadas para la conservación de los ecosistemas frágiles de acuerdo a sus criterios de deterioro, generando así impactos ambientales como: reducción y contaminación de recursos hídricos, pérdida de cobertura vegetal, erosión de los suelos afectando a sus habitantes.

De acuerdo a estos antecedentes y relevando la importancia de las zonas de recarga hídrica que abastece principalmente de líquido vital a la parroquia Púngala, la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, a través del Instituto de Investigaciones ejecuta el proyecto “*Diseño e implementación de un sistema de monitoreo ambiental por teledetección en zonas con alto Potencial de Recarga Hídrica en el margen oriental de la Subcuenca del Rio Chambo - DIMATEZ*”, con la finalidad de identificar, monitorear e implementar una política pública provincial para el manejo y conservación de las zonas de recarga hídrica.

El mismo que permitirá garantizar un uso adecuado de los recursos naturales en esta zona, disminuyendo las actividades que alteran la composición del ecosistema para ayudar al mantenimiento y desarrollo de la población mediante el volumen necesario de agua y de buena calidad.

Objetivos

Objetivo general.

Diseñar medidas de conservación para las zonas de recarga hídrica potencial en los ecosistemas frágiles de la parroquia Pungalá, Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo.

Objetivo específico

- Determinar las zonas de recarga hídrica potencial (mediante metodología de balance hídrico de suelos).
- Identificar amenazas y vulnerabilidades en zonas con alto potencial de recarga hídrica.
- Proponer medidas de manejo y conservación para las zonas con alto potencial de recarga hídrica.

Hipótesis

Hipótesis nula

$$H_0: \theta = \theta_0$$

La media obtenida en el estudio es igual a la media hipotética del volumen de recarga hídrica obtenida en estudios similares que diseñaron medidas de manejo y conservación.

Hipótesis alternante

$$H_1: \theta \neq \theta_0$$

La media obtenida en el estudio es diferente a la media hipotética del volumen de recarga hídrica obtenida en estudios similares que diseñaron medidas de manejo y conservación.

CAPITULO I

1. MARCO TEORICO REFERENCIAL

1.1. Hidrología

Hidrología es la ciencia que trata de las aguas sobre la tierra, su ocurrencia, circulación y distribución, sus propiedades química y físicas y su reacción con el medio ambiente, incluyendo su relación con los seres vivos (Villón, 2002a: p.14).

1.1.1. Ciclo hidrológico

Se denomina ciclo hidrológico, al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.) (Villón, 2002b:p.16). El ciclo hidrológico no es nada regular. Todo lo contrario. Una muestra de ello son los períodos de sequías y de inundaciones.

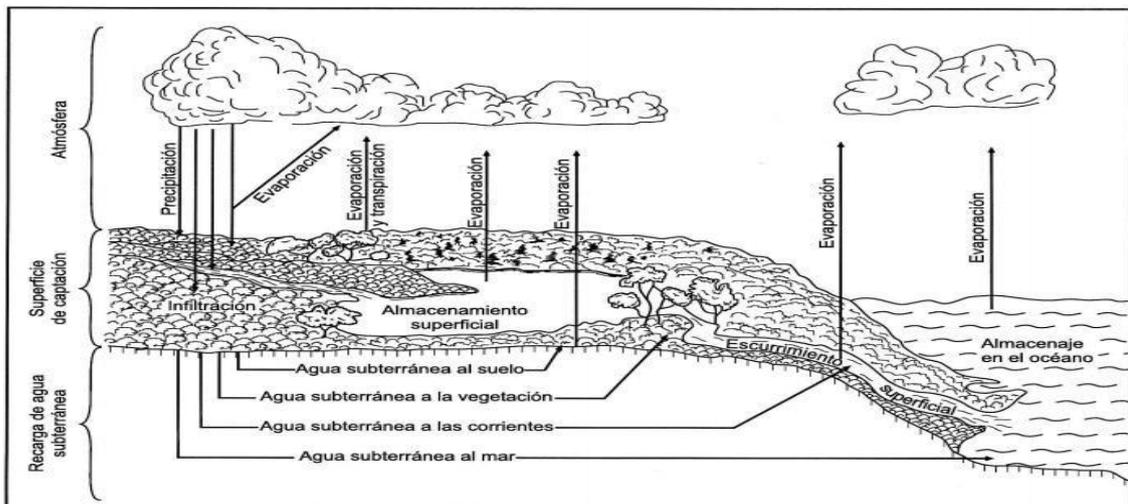


Figura 1-1: Representación esquemática de ciclo hidrológico

Elaborado por: Maderey, L; Jimenez A., 2005

1.1.1.1. Precipitación

Según Villón, 2002 citado en Anaya et al., (2017,p.47), la precipitación es representada por cualquier tipo de humedad la misma que se origina en las nubes y pasa por una serie procesos y estados hasta llegar a la superficie terrestre. Por lo cual precipitación se manifiesta en diferentes formas como: llovias, granizadas, garúas y nevadas (Villón, 2002c:p. 69).

Según Morán (2010, p.15), la intensidad de la precipitación se clasifica de la siguiente manera:

Intensidad ligera, para tasas de caída de hasta 2.5 mm/h.

Intensidad moderada, desde 2.5 hasta 7.6 mm/h.

Intensidad fuerte, por encima de 7.6 mm/h.

1.1.1.2. Evaporación y evapotranspiración (ET)

La evaporación es una etapa permanente del ciclo hidrológico. Hay evaporación en todo momento y desde toda superficie húmeda Maldonado (2018,p.39), considera a la evaporación un fenómeno físico donde el agua pasa a estado de vapor; sin embargo, hay otra evaporación, la provocada por la actividad de las plantas y que recibe el nombre de transpiración (Villón, 2002d: p.305).

Los factores que intervienen en la evaporación, principalmente son los meteorológicos: radiación solar, temperatura del aire, presión de vapor, viento y en menor grado la presión atmosférica. El componente más importa que causa la evaporación es la radiación solar la misma que varía de acuerdo a la época del año, hora del día nubosidad y su latitud (Maldonado, 2018).

La evapotranspiración está constituida o formada por la suma totales de las perdidas por evaporación de la superficie (suelo y agua + transpiración de plantas) (Villón, 2002e: p.306).

1.1.1.3. Evapotranspiración potencial (ETP)

Este término fue introducido por Thornthwaite y se define como la pérdida total del agua, que ocurría si en ningún momento existía deficiencia de agua en el suelo, para el uso de la vegetación (Villón, 2002, p. 306).

1.1.1.4. Evapotranspiración real (ETR)

Es la que se produce realmente bajo las condiciones meteorológicas, de humedad de suelo y de vegetación existentes en un lugar y durante un tiempo dado. Por este motivo, por ejemplo, la demanda de riego se ha de basar en la evapotranspiración real (Etr), la cual toma en consideración el agua disponible en el suelo y las condiciones ambientales en las que se desarrolla un determinado cultivo (Cahuana y Yugar, 2009; citados en Chávez et al., 2017).

1.1.1.5. Escorrentía

El término escorrentía o escurrimiento es el paso de una lámina de agua que viaja a través de la superficie del suelo hacia el interior de la tierra (Morán, 1989 citado en Anaya et al., 2017). Debido a la acción de la gravedad, la cual es generada principalmente por la precipitación de aguas meteóricas y alimenta las corrientes superficiales, continuas o intermitentes, de una cuenca. (Matus et al., 2009), excedente de la capacidad de infiltración cuando supera la capacidad de almacenamiento del suelo, esta fluye hacia arroyos, ríos, quebradas, lagos, embalses y océanos.

1.1.1.6. Infiltración

Es el movimiento del agua desde la superficie hacia el interior del suelo por efecto de la gravedad. El agua se acumula en los poros del suelo y así puede ser utilizada por las plantas, o puede desplazarse a capas más profundas del suelo, donde alimenta a los mantos acuíferos Matus et al. (2009), esto debido a los fenómenos de infiltración y percolación, el agua de lluvia llega hasta el nivel del agua subterránea, pero no a un ritmo constante. La tasa de infiltración disminuye a medida que progresa la tormenta, debido a que se van llenando los espacios capilares del suelo (Morán, 2010b: p.63).

1.2. Recarga hídrica

Se define como un proceso de agregar agua al acuífero desde la parte exterior hasta un límite, procedentes de la infiltración de lluvias y aguas superficiales, hasta la transferencia de agua desde otro acuífero (Custodio, 1998 citado en Matus et al., 2009).

1.2.1. Zona de recarga hídrica

Son sitios que poseen características altas de infiltración, donde ocurre la recarga, la misma que ocurre por la acción de la precipitación en suelos con gran capacidad de infiltración (Losilla, 1986 citado en Matus et al., 2009).

1.2.2. Factores que afectan la recarga hídrica

La duración e intensidad de la precipitación es el factor más importante seguido de la escorrentía superficial y del caudal de los ríos, así como de la permeabilidad de los suelos, de su contenido de humedad y la pendiente, que al terrenos muy inclinados favorecen la escorrentía superficial; por el contrario, los terrenos con poca pendiente retienen por más tiempo el agua, lo que favorece la infiltración (Matus et al, 2009).

Los factores que interviene en la recarga hídrica son:

1.2.2.1. El clima

Los factores que interviene es la cantidad de precipitación y evapotranspiración causado por la pérdida de agua a través de la transpiración de plantas y evaporación del agua (Matus et al., 2009).

1.2.2.2. El suelo

En la recarga hídrica las características del suelo intervienen de forma directa, la textura, densidad aparente, grado de saturación y capacidad de infiltración, por ende los suelos impermeables y

compactados dificultan la infiltración, mientras los suelo permeables posibilitan la recarga (Matus et al., 2009).

1.2.2.3. La topografía

La topografía desde un punto de vista hidrológico mide el tiempo de contacto del agua y la superficie, Las pendientes fuertes promueve a la escorrentía superficial disminuyendo el tiempo de contacto con el suelo como consecuencia reduce la infiltración (Matus et al., 2009).

1.2.2.4. Los estratos geológicos

La formación de diferentes capas de materiales geológicos y suelo que se encuentran hasta llegar a la zona satura influyen de manera importante en el volumen de recarga (Matus et al., 2009).

1.2.2.5. La cobertura vegetal

Todo suelo con cobertura vegetal ayuda al proceso de infiltración porque una parte de la precipitación que cae es interceptada por el follaje disminuyendo así la escorrentía superficial, cabe recalcar que también depende de la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad de retención de dosel y/o follaje vegetal (Matus et al., 2009).

1.2.2.6. El escurrimiento

Es una porción de agua procedente de las precipitaciones y que circula en forma de flujos por encima o por debajo de la superficie terrestre hasta a una corriente para ser drenada, la misma que alimenta a ríos o lagos (Matus et al, 2009).

1.2.3. Clasificación de las zonas potenciales de recarga hídrica

Los factores climático y biofísicos interviene en el proceso de la recarga hídrica (Hernández et al., 2020, pp. 11-13), clasifica su potencialidad en: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo potencial.

1.2.3.1. Las zonas de mayor potencial (Muy alto + alto)

Estas zonas se encuentran formadas por montañas medianas o bajas, así como lomeríos, constituidas por unidades de caliza, granito-granodiorita, toba riolítica, laharpíroclásto o andesita-basalto, principalmente, con suelos como Regosol, Leptosol, Cambisol, Luvisol, Andosol, Umbrisol y Phaeozem, cubiertos por bosques, selva mediana subcaducifolia, selva baja caducifolia, pastizal cultivado y agricultura de temporal en pendientes de 15%-30% y >30% y con frecuencia de altas precipitaciones (Hernández et al., 2020).

1.2.3.2. Las zonas con potencial medio

Zonas con presencia de montañas bajas y lomeríos con suelos de tipo Cambisol, Chernozem, Fluvisol, Leptosol, Luvisol, Phaeozem, Regosol, Umbrisol, Arenosol, en pendientes de 5%-15%, cubiertos por pastizal cultivado, agricultura de riego y temporal acompañado de precipitaciones moderados (Hernández et al., 2020).

1.2.3.3. Las zonas de bajo y muy bajo potencial

Zonas propias con presencia de planicies acolinadas y subhorizontales, zonas con pendientes de 0% a 15%, con suelos Vertisol, Phaeozem, Solonchak y Gleysol cubiertos por vegetación halófila e hidrófila; manglar; tular y dunas costeras; agricultura de riego, temporal y de humedad, presencia de cuerpos de agua perennes y bajas precipitaciones. De acuerdo a sus características estas también se pueden denominar zonas de descarga (Hernández et al., 2020).

1.3. Metodología de estimación de recarga hídrica

1.3.1. Balance hídrico de suelos

Este método de estudio se encarga de determinar durante cada mes del año que fracción de lluvia llega a aportar agua a la parte subterránea del suelo (recarga potencial en acuíferos), también conocida como el principio de la conservación de la materia, se basa en que de acuerdo a la magnitud de la precipitación una cierta parte se escurre y la otra parte se infiltra, esto depende de

característica de la superficie (cobertura vegetal) (salida de agua) y suelo (estructura) (entrada de agua) más la descarga de los acuíferos (Schosinsky, 2006, pp.13-30).

1.4. Variables biofísicas del balance hídrico

1.4.1. Textura del suelo

La textura del suelo determina la proporción en tres tamaños (figura 2-1) de partículas del suelo (arena (grande), limo (medio) y arcilla (pequeño) las partículas del suelo menores a 2 mm, a su vez, afecta tanto a los rasgos del suelo como a la capacidad de retención de agua y a la aireación (Plaster, 2000; citado en Chávez et al.,2017). Por lo tanto, es una de las características físicas más importantes, pues a través de ella, se puede predecir el comportamiento físico del suelo, haciendo inferencias acerca del movimiento del agua en el perfil, la facilidad de manejo y la cantidad de nutrientes (Flores y Alcalá, 2010; citados en Chávez et al.,2017).

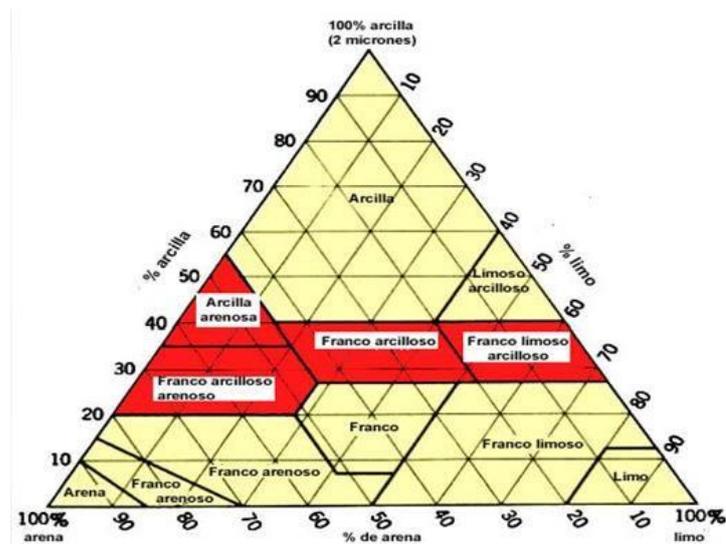


Figura 2-1: Representación esquemática del triángulo textural del suelo

Elaborado por: Plaster, 2000

1.4.2. Pendiente

La pendiente es la inclinación o desnivel del terreno en un punto dado como el ángulo que forma el plano horizontal con el plano tangente a la superficie del terreno en ese punto. Podemos expresarla como un ángulo, pero es más interesante representar la pendiente del terreno como un valor de tanto por ciento. Esto se obtiene multiplicando por 100 la tangente del ángulo que define el desnivel del suelo (Junta de Andalucía, 2015).

1.4.3. Capacidad de campo (CC)

Se considera como la máxima cantidad de agua que un suelo puede retener en contra de la fuerza de gravedad. Esto depende de la textura, contenido de materia orgánica y compactación del suelo (Valverde, 1998; citado en Chávez et al., 2017) y (Cabrera, 1999).

1.4.4. Punto de marchitez permanente (PMP)

El contenido de humedad de los suelos, cuando las plantas se marchitan permanentemente, se denomina punto o coeficiente de marchitamiento, este valor corresponde al límite inferior de la humedad aprovechable para la mayoría de los cultivos. Se dice que el suelo está en el Punto de Marchitez Permanente, cuando su contenido de humedad disminuye hasta causar el marchitamiento de las plantas, sin que estas se recuperen cuando se colocan en una atmósfera húmeda en un medio oscuro. (Cabrera, 1999, p. 31).

1.4.5. Disponibilidad de agua en el suelo

La disponibilidad de agua en el suelo se refiere a la capacidad de un suelo de retener el agua disponible para las plantas. Después de una lluvia importante o riego, el suelo comenzara a drenar agua hasta alcanzar la capacidad de campo, Por lo tanto, el agua disponible total (ADS) es el agua retenida por el suelo entre CC – PMP multiplicado por la profundidad de las raíces de la planta existen en el lugar (Angella et al., 2016, pp. 27-28).

1.4.6. Densidad y densidad aparente

La Densidad, es la masa (peso) por unidad de volumen de suelo seco. El volumen considerado incluye las partículas sólidas del suelo y el espacio poroso, esta es medida en gr./ml (Cabrera, 1999a:p. 29).

Densidad aparente también llamado peso específico se define como el cociente que resulta de dividir el peso de suelo seco entre el volumen total incluyendo los poros, esta se expresa en gr/cm^3 , así mismo puede variar según el estado de agregados del suelo y la proporción del volumen aparente ocupado por los espacios intersticiales que existen incluso en suelos compactos (Cabrera, 1999b:p, 30).

1.4.7. Profundidad efectiva

También denomina como profundidad del suelo se define como el espesor de la capa de suelo favorable para la penetración y desarrollo de las raíces de las plantas, hasta ser limitadas por un obstáculo sea física y química o niveles más profundos como la zona freáticos donde se encuentran aguas superficiales.

1.5. Amenaza

Del punto de vista etimológico, “amenaza” deriva del latín *minacia* que puede significar: palabra o gesto intimidatorio, promesa de castigo o maleficio y preanuncio o indicio de cosa desagradable o terrible, de desgracia, de enfermedad. Es importante saber que la amenaza no es la propia desgracia, el castigo o el daño, sino su anuncio, su indicativo, su señal. Por lo tanto, la amenaza es esencialmente diferente de lo que ella manifiesta: no es ella la que provoca el temor, más quien lo anuncia (Saint et al., 2017a: p.12).

Para Díaz et al, (2005); citados en Muenala (2018), la amenaza es la probabilidad de ocurrencia de un fenómeno natural o inducido por el hombre que puede ocasionar graves daños a una localidad o territorio. Las principales amenazas a las que está expuesta el Ecuador y su población son los terremotos, sequías, inundaciones, deslizamientos, heladas, erupciones volcánicas, entre otros.

1.6. Vulnerabilidad

Es toda probabilidad de que una población se encuentre sometida a una amenaza natural, esto depende de la fragilidad de los elementos (infraestructura, vivienda, actividades productivas, grado de organización, sistemas de alerta, desarrollo político-institucional) que los rodean y los daños humanos y materiales que pueden sufrir (Salgado, 2005). La magnitud de esos daños, a su vez, también está relacionada con el grado de vulnerabilidad (CEPAL, 2000; citado en Salgado, 2005).

1.6.1. Evaluación de vulnerabilidad

La determinación y evaluación de la vulnerabilidad está basada en indicadores de diferente índole, Mussetta et al., 2017; citados en Muenala (2018). Los indicadores de vulnerabilidad son utilizados para evaluar los efectos sobre los grupos sociales ante fenómenos de riesgos naturales y cambio climático, su propósito es cuantificar la vulnerabilidad con una eficiente gestión de riesgo para la asignación de recursos a las poblaciones que más lo necesitan (Mussetta et al. 2017).

La dificultad de medir la vulnerabilidad es amplia al relacionarla con problemas combinados de datos cualitativos y cuantitativos (Bohórquez, 2013 citado Mussetta et al., 2017). En la actualidad no existen guías para evaluar con base en indicadores que sean universales (Mussetta et al., 2017); lo importante es explicar los propósitos con los que se construyeron los indicadores en todo estudio de vulnerabilidad (Hinkell, 2011; citado en Mussetta et al., 2017).

1.7. Riesgo

Este concepto apenas indica la probabilidad estadística de que algo indeseado acontezca o que no se realice lo que deseamos o planificamos. Es el resultado de un cálculo consciente de las probabilidades de que las tendencias y/o la voluntad adversa se materialice en un daño o perjuicio contra nuestra voluntad (Saint et al., 2017b: p.18).

1.8. Sistemas de información Geográfica y su aplicación

Es un conjunto de Software y hardware que ha de permitir la realización las siguientes operaciones: Lectura, edición, almacenamiento y, en términos generales, gestión de datos espaciales. Análisis de dichos datos. Esto puede incluir desde consultas sencillas a la elaboración de complejos modelos, y puede llevarse a cabo tanto sobre la componente espacial de los datos (la localización de cada valor o elemento) como sobre la componente temática (el valor o el elemento en sí). Generación de resultados tales como mapas, informes, gráficos, etc. (Velasquez, 2004; citado en Salgado, 2005).

1.8.1. Evaluación de amenaza y riesgo por medio de SIG

Mediante el uso de SIG la evaluación de riesgos nos ayuda a determinar relaciones espaciales y vincular distintos tipos de información y contar con información digital de consulta directa, realizar actualizaciones que respondan al dinamismo del problema (Saborío, 2003 ; citado en Mussetta et al., 2017).

De la misma manera Gaspari et al. (2011); Citados en Muenala (2018), afirman que los Sistemas de Información Geográfica son una herramienta ideal para el análisis de parámetros con un alto grado de variabilidad espacial y que estos han facilitado el análisis de una serie de factores que determinan la susceptibilidad de amenazas, riesgos y su materialización.

1.8.2. Modelo ráster

Se basa en una división sistemática del espacio, la cual cubre todo este (a este concepto se le denomina se denomina teselación), caracterizándolo como un conjunto de unidades elementales (celdas). Comúnmente conocidas como píxel, en la que cada cuadrícula o píxel presenta una cualidad o propiedad espacial (color, altitud, etc.) (Oyola, 2014a: p.86).

1.8.3. Modelo vectorial

Este modelo no divide el espacio completamente, sino que lo define mediante una serie de elementos geométricos con valores asociados, siendo la disposición de estos no sistemática, sino

guardando relación con los objetos geográficos presentes en la zona de estudio. Los elementos geográficos se representan a partir de tres estructuras básicas: puntos, líneas y polígonos (Oyola, 2014 b: p.91).

1.8.4. Matriz de ponderación espacial

La ponderación se refiere a una auto correlación espacial, implica la definición de una vecindad de los distintos elementos geográficos (pendiente con textura de suelo que se relacionan para ocasionar un deslizamiento). Se tiene que los valores de una variable registrados en aquellos elementos vecinos ejercen una influencia sobre los valores de dicha variable en un punto dado. Por ello es importante definir cuándo dos elementos son vecinos o no (Oyola, 2014c: p.300).

La ponderación se basa en una serie de articulaciones lógicas entre los criterios que se van a utilizar y el objetivo al que se quiere llegar; de esta manera los criterios tienen que estar en relación con el objetivo. También, las ponderaciones que se den a los criterios se las dan de dos maneras, primero jerarquizando las clases dentro de cada uno de los criterios frente al objetivo, y luego ponderando cada uno de los criterios con respecto al otro; posteriormente utilizando técnicas matemáticas se puede reconocer la intensidad que tiene cada una de las variables para cumplir dicho objetivo y la intensidad que tiene cada una de las clases de cada variable con respecto al objetivo (Gómez y Barredo, 2005; citados en Masache, 2018).

1.8.5. Evaluación multicriterio

Este método permite establecer un objetivo y dar cumplimiento a ella con alternativas o posibles soluciones que hacen frente a diversos criterios. Estos criterios son modelados de acuerdo a sus pesos o importancia las cuales se califican y se evalúan para proceder a seleccionar la solución más adecuada y realizar un análisis de sensibilidad que es considerar posibles modificaciones al resultado final (Posada, 2015,p.28). La misma que pretende dar una apariencia medible a los criterios y las clases en las que se dividieron, por ello la jerarquización numérica es obligatorio para conocer la inclinación de cada clase y llegar a cumplir el objetivo, así la identificación de la vocación en una recarga es la base de referencia para las ponderaciones (Masache, 2018, p.20).

1.9. Worldclim

Worldclim (www.worldclim.org) es un repositorio con variables climáticas, abierto y libre, que ha permitido un desarrollo exponencial de los trabajos sobre biogeografía, macroecología y cambio climático en los últimos 10 años. A si también permite la descarga de 19 variables climáticas, a diferentes resoluciones espaciales y en diferentes formatos ráster (que son formatos SIG, es decir, una matriz de datos georreferenciada) (Hijmans et al., 2005; citados en Varela et al. 2015), pero también dispone de capas SIG con información sobre las mismas variables climáticas en el pasado y en el futuro (Varela et al., 2015).

1.10. Conservación

Es el método de utilización de un recurso natural o el ambiente total de un ecosistema en particular, para prevenir la explotación, polución, destrucción o abandono, y asegurar el futuro uso de ese recurso. La práctica de la conservación implica, entre otras actividades, la preservación de la diversidad genética y de especies en peligro de extinción (Aguirre, 2018. pp. 64-94).

1.10.1. Servicio ambiental

Son aquellos flujos de utilidad social que brindan los ecosistemas y que son aprovechados sin que estos se transformen o gasten durante su consumo. Por ejemplo, se puede citar la regulación hídrica, la regulación del clima, el paisaje, la fijación de carbono (Barrantes, 2006).

1.10.2. Bien Ambiental

Son todos los productos que brindan los ecosistemas silvestres para el aprovechamiento en las distintas necesidades de la sociedad, para el mejoramiento de su bienestar, ya sea en el ámbito productivo o en el de consumo, y que se gastan o transforman durante el proceso. Por ejemplo, entre los bienes ambientales que se pueden citar están: madera, mimbre, especies comestibles, carnes, agua (Barrantes, 2006).

1.11. Marco lógico

Es un método orientado a la solución de problemas específicos. Por ende este método tiene tres fases: primero es identificar el problema a resolver, por medio de un diagnóstico sistémico amplio, que permita establecer las causas del problema y porque no se han logrado resolverlas; el segundo es que construye un modelo sistémico que expresa las condiciones lógicas que deben cumplir para resolver el problema determinado; tercera es que construye un instrumento gerencial de solución en se incorporan indicadores necesarios para mantener el seguimiento y control sobre la gestión de la solución (Aldunate y Córdoba, 2011, p.18).

CAPITULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Caracterización de la zona de estudio

2.1.1. Característica generales

La parroquia rural Pungalá fue Creada el 29 de mayo de 1861 con una población total de 7.597 habitantes, superficie 28.133,06 hectáreas perteneciente al cantón Riobamba provincia de Chimborazo, con rango altitudinal de 2680 a 4440 m.s.n.m., temperatura que oscilan entre 2 – 12°C y precipitación que van de 750 a 1500 mm anuales (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015a: p.1).

2.1.2. Localización

El presente estudio será un aporte para el cumplimiento de los objetivos propuestos en el proyecto DIMATEZ (*“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo ambiental por teledetección en zonas con alto potencial de recarga hídrica en el margen oriental de la Subcuenca del Río Chambo”*), como estrategia para asegurar la provisión de los servicios ecosistémicos. Específicamente el estudio se centrará en la parroquia rural Pungalá en las zonas con alto potencial de recarga hídrica determinada por el dicho proyecto.

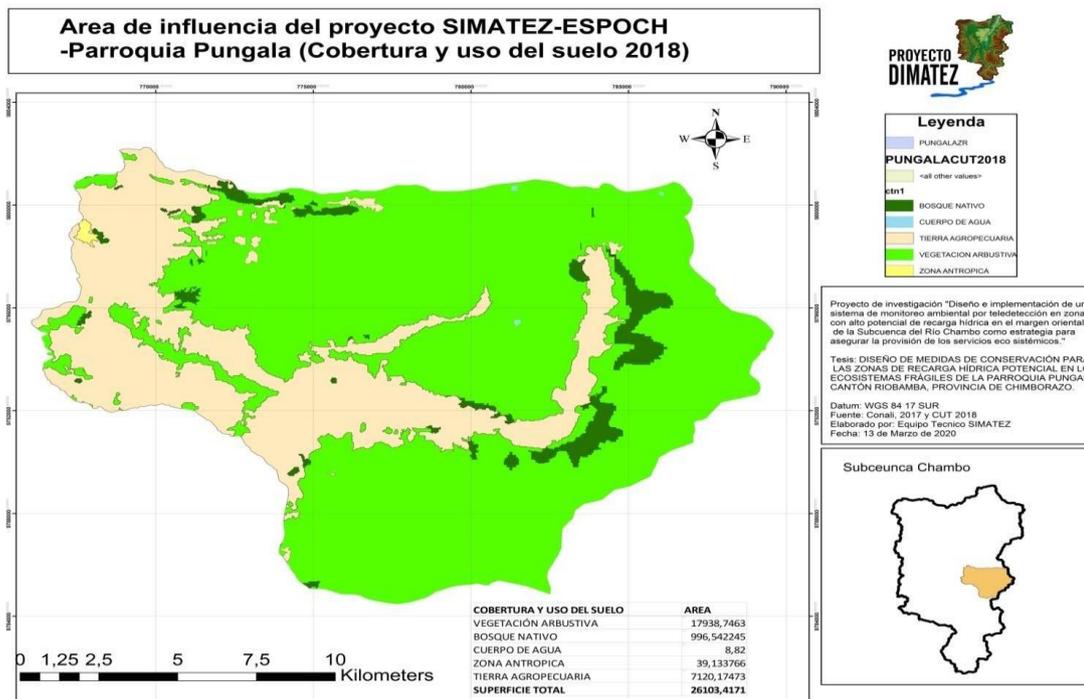


Figura 1-2: Mapa de ubicación de la zona de estudio
Realizado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

2.1.3. Ubicación geográfica

La zona de estudio es la parroquia rural Pungalá, la misma que se ubica al Noreste de la Provincia de Chimborazo y en la parte Sur Oriental del Cantón Riobamba con una extensión de 276,5 km² (Borja, 2015,p.37), está comprendido entre la latitud: -1.81667 y longitud: -78.5667 con límites: al norte con el Cantón Chambo, al sur con el Cantón Guamote, parroquia Cebadas, al este con la provincia de Morona Santiago y al oeste con la parroquia Licto (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015b: p.2).

2.1.4. Caracterización climática

Se caracteriza por poseer dos tipos de climas las cuales son: clima ecuatorial frío de alta montaña que abarca el 90% de su extensión y un 10 % con clima ecuatorial frío semihúmedo, las temperaturas comprende entre los 6 y 18 °C con media de 12 °C permitiendo la existencia de climas templados en la parte baja y fríos en las partes altas de las montañas , las precipitaciones

medias anuales fluctúan entre los 500 y 1000 mm siendo los meses julio y agosto los más secos (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015c: p.6).

2.1.5. Componente biofísico

2.1.5.1. *Relieve*

El relieve que se muestra en la parroquia en estudio es montañoso, típico de la estribación de cordillera (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015). A continuación, se detallan las categorías de relieve.

Tabla 1- 2: Descripción de las categorías típicas de relieve, Pungalá

Tipo de Relieve	Superficie (ha)	Porcentaje
Vertiente convexas	325,40	1,16 %
Laderas coluviales	180,82	0,64%
Colinas Medianas	2.075,78	7,38%
Nieve	5.536,86	19,68%
Relieve escarpado	4.737,22	16,84%
Relieve Montañoso	10.351,87	36,80%
Superficies de aplanamiento	1.367,35	4,86 %
Talud de derrumbos	323,35	1,15%
Vertientes cóncavas	1.186,47	4,22%
Vertientes irregulares	2.047,95	7,28 %
Total	28.133,06	100,00 %

Fuente: SENPLADES

Elaborado por: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015

2.1.5.2. *Geología*

Las formaciones geológicas que se encuentra es la cangagua está compuesta por un tipo de roca denominada toba, mientras que la formación está formada por andesita y aglomerado, en un área de 6,75 km², siendo el 1%, de la superficie del cantón Riobamba y depósitos de piroclastos y lavas intermedias a básicas del volcán el altar (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba,2020).

2.1.5.3. Taxonomía, cobertura y uso del suelo

Los suelos de taxonomía histosol suelos constituidos por material orgánico procedente de una acumulación superficial, así también se encuentra conformada por un suelo de inceptisol más etinsol, con un área de 43,85 km² siendo 4% de la superficie total del Cantón Riobamba, las características de estos suelos son que poseen texturas gruesas y moderadamente gruesas, correspondientes a suelos arenosos y franco arenosos las mismas que son tierras que se aprovechan para actividades forestales, cultivo de hortalizas y pastos (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

Pungalá está dominado por extensiones amplias de páramo, es así que el bosque nativo y páramo cubren 74 % de la superficie; mientras que el 20,9 % está destinada para la producción agrícola y forestal y también existen zonas denominados como improductivas con 5,1 % de la superficie, la misma se detalla continuación (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015).

Tabla 2-2: Uso y cobertura del suelo en la Parroquia Rural de Pungalá.

Categoría de uso	Superficie (ha)	Porcentaje
Bosque exótico	473,59	1,7%
Bosque nativo	2.657,46	9,4%
Cultivo	353,42	1,3%
Improductivo	1.433,23	5,1%
Páramo	18.178,37	64,6%
Pasto	2.181,50	7,8 %
Pasto/cultivo	2.855,49	10,1 %
Total	28.133,06	100,0%

Fuente: SENPLADES/ Fotografía aérea de la Parroquia rural de Pungalá

Elaborado por: Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá, 2015

2.1.5.4. Pendiente

En la parroquia rural Pungalá predominan pendientes muy altas que son <45 % con 160,87 km² siendo el 16,11 % de la superficie del cantón Riobamba, seguido de pendientes altas de 20-45% con 79,85 km² siendo el 7,99 % de la superficie del cantón Riobamba y pendientes medias que van de 10-20 % con 21,82 km² siendo el 2,18 % de la superficie del cantón Riobamba (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020).

2.2. Equipos y Materiales

2.2.1. Equipos

- Computadora
- Impresora

2.2.2. Materiales

- Cartografía
- Shapefiles

2.3. Metodología de Estudio

Los parámetros cartográficos aplicados en el objetivo 1 y 2 son los siguiente

Tabla 3-2: Parámetros cartográficos aplicados en él estudio

Parámetros		
Proyección cartográfico	UTM zona 17 sur	“Universal Transverse Mercator”
Datum	WGS- 84	“World Geodetic System 1984”
Escala	1:40.000	

Elabora por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

2.3.1. Primer objetivo: Determinar las zonas de recarga hídrica potencial mediante la metodología de balance hídrico de suelos.

2.3.1.1. Preparación de capas temáticas

Para determinar las zonas de recarga, se tomó en cuenta el tipo de cobertura vegetal y uso de suelo, la pendiente, litología, topografías, textura del suelo, precipitación con su respectivo dato de entrada y coeficiente; el resultado representado con ArcMap 10.8 de ArcGIS. En primera instancia fue extraer la información, seguido a esto la construcción de bases de datos

georreferenciadas para proseguir la elaboración de capas temáticas de cada variable con los indicadores (Hernández et al., 2020,p.6-7)

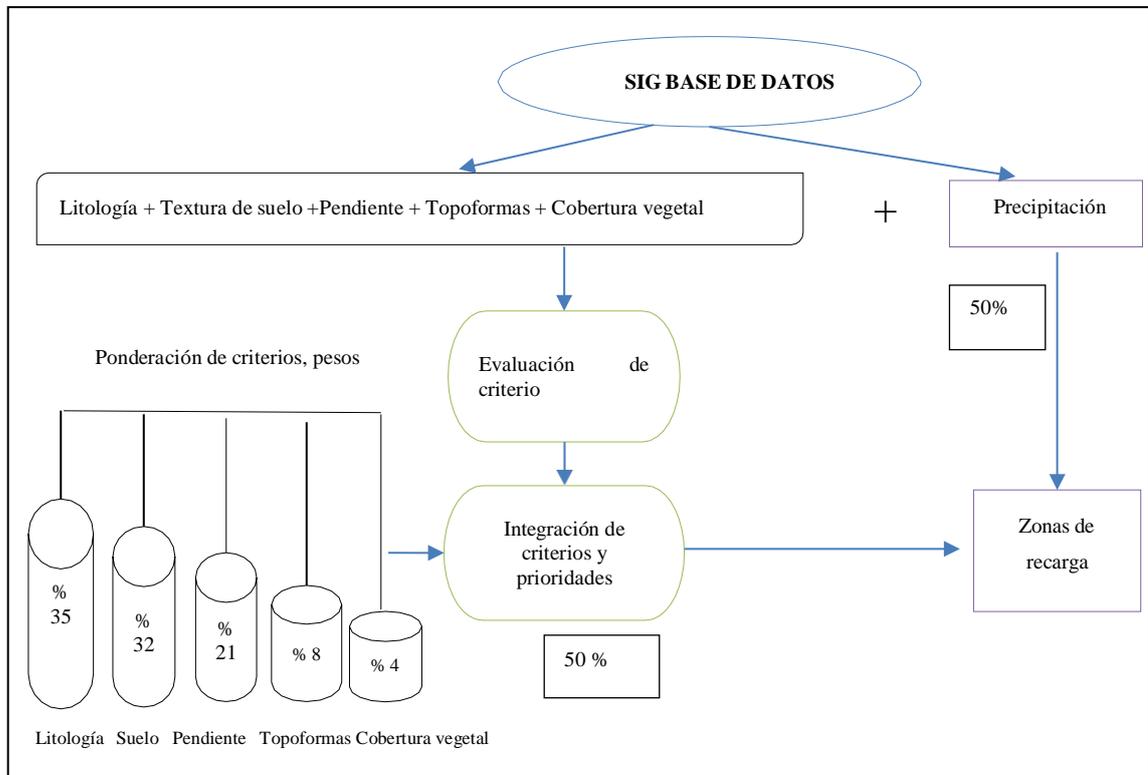


Figura 2-2: Esquema de flujo para determinar zonas potenciales de recarga hídrica

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

La capa vectorial de litología se obtuvo del Mapa Hidrogeológico del Ecuador –INAMHI-DGGM (Dirección General de Geología y Minas (1983) Editado (2015)), el potencial de recarga de las unidades litológicas se evaluó a través de los indicadores de porosidad primaria intergranular que es aquella que se origina durante el proceso de deposición de material que da origen a la roca y secundaria por fisuración que es aquella que se origina por algunos procesos naturales o artificiales posteriores, al momento en el cual los sedimentos que dieron origen a la roca fueron depositados. Los valores originales de cada indicador se evaluaron y reclasificaron en un valor de potencial de recarga, para finalmente obtener un valor promedio del potencial de recarga de cada unidad, teniendo en cuenta que una mayor porosidad efectiva y permeabilidad favorecen un mayor potencial de recarga (Abdalla, 2012). Este procedimiento de reclasificación se efectuó para cada variable e indicador.

La capa vectorial de topografías se obtuvo del (Sistema Nacional de Información, 2014) de mapas unidades Geomorfológicas del Ecuador elaborado por la Subsecretaría de Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013) a una escala de 1: 50000. El potencial de recarga se evaluó considerando que las zonas de recarga se ubican en zonas topográficamente altas (Freeze y Cherry, 1979; citados Hernández et al. 2020).

El mapa de pendiente se elaboró mediante las curvas de nivel que fueron tomadas de las siguientes cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar (1991) a una escala de 1: 50000 con un intervalo de curvas a 40 metros. Las curvas de nivel se transformaron a un TIN - Triangular irregular networks por sus siglas en inglés, mediante la herramienta create TIN, posteriormente las redes irregulares de triángulos los convertimos a un modelo digital de elevación (DEM) utilizando la herramienta TIN to raster con un tamaño de celda de 20 x 20 metros. El porcentaje de pendiente se obtuvo mediante la herramienta Slope, el cual se reclasificó con la herramienta reclassify en cinco clases de acuerdo con (Vargas, 2009,p.12), de 0 a 2%, 2 a 5%, 5 a 15%, de 15% a 30% y mayores a 30%. El potencial de recarga se evaluó considerando que pendientes suaves promueven una menor velocidad de escorrentía superficial y mayor tiempo de infiltración, mientras que pendientes fuertes promueven una mayor velocidad superficial y menor tiempo de infiltración (Abdalla, 2012,p.12).

El mapa de taxonomía y textura de suelos se obtuvo del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca (2003). El potencial de recarga de los suelos se evaluó utilizando indicadores de textura, de acuerdo con la base referencial mundial del recurso suelo de la IUSS (2015, p.122), que permiten identificar rasgos físico-químicos indicativos del comportamiento hidrológico del suelo según (Peñuela y Carrillo, 2013, p.25). El potencial de recarga se evaluó considerando que una textura y en función de su tasa de infiltración, es decir, suelo arenoso con alta tasa de infiltración asignada mayor prioridad en comparación con menos prioridad para el arcilloso.

La información cartográfica de Cobertura y uso de suelo, se obtuvo de la capa vectorial denominada Cobertura y uso de la tierra en el Ecuador para el año 2018, elaborado por el Ministerio del Ambiente del Ecuador y el Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuicultura y Pesca del Ecuador (2019). Para la asignación de la categoría se utilizó la leyenda a nivel 1 y 2 basada en las categorías de cobertura de la tierra definidas por el Panel Intergubernamental de Cambio Climático, que consideran que la vegetación densa conservada cumple funciones ecológicas normales en comparación a vegetación intervenida por el hombre que disminuyen las

funciones y sus servicios eco sistémicos, en este contexto se da mayor valor a zonas con cobertura vegetal para su reclasificación.

Para la precipitación se tomó información raster del clim WorldClim versión 2.1 que es una base donde recopilan datos meteorológicos y climáticos, históricos y futuros de alta resolución espacial a nivel mundial las misma que en son muy utilizados para mapeo y modelado espacial. Se usaron datos históricos en el periodo 1970-2020 con una resolución de entre 30 segundos (~ 1 km²). Se extrajeron los datos de los promedios mensuales mediante la herramienta extract by mask y se sumaron los 12 ráster resultantes mediante la herramienta ráster calculator del ArcGIS 10.8 obteniendo la capa del promedio de precipitación anual, el cual se reclasificó en cinco clases, considerando que las zonas de alta recarga hídrica suelen encontrarse en lugares con elevados regímenes de lluvia (Vélez, 2005: citado en Masache, 2018).

Tabla 4-2: Criterios y clases utilizados en la determinación del potencial de recarga hídrica

Factor de influencia	Categoría	Potencialidad	Clasificación
Litología	Permeabilidad muy alta	Muy alto	5
	Permeabilidad alta	Alto	4
	Permeabilidad media	Moderado	3
	Impermeable	Muy baja	1
Pendiente	0 a 2 %	Muy alto	5
	2,01 a 5 %	Alto	4
	5,01 a 15 %	Moderado	3
	15,01 a 30 %	Bajo	2
	< 30,01%	Muy bajo	1
Topo formas	Relieve escarpado/Relieve montañoso/Vertientes irregulares/Piedemonte coluvial/Laderas coluviales	Muy alto	5
	Colinas, medianas/Valles Interandinos/Vertientes convexas/Vertientes concavas/Talud de derrubios	Moderado	3
	Nieve/Superficies de aplanamiento/Cuerpos de agua/Zonas Urbanas	Muy bajo	1
Textura de suelo	Gruesa	Muy alto	5
	Media	Alto	4
	Fina	Muy bajo	1
Cobertura vegetal	Paramo y bosque	Muy alto	5
	Vegetación arbustiva y herbácea	Alto	4
	Áreas sin cobertura vegetal	Moderado	3
	Tierra agropecuaria	Bajo	2
	Zona antrópica	Muy bajo	1
Precipitación en mm.	900 a 1372	Muy alto	5
	800 a 900	Alto	4
	700 a 800	Moderado	3
	600 a 700	Bajo	2
	515 a 600	Muy bajo	1

Elaborado por: Lara Vásquez, Norma et al., 2021

2.3.1.2. Análisis multicriterio

El proceso jerárquico analítico (AHP) es una técnica basada en el concepto de escalas de relación de conducción de la comparación pareada (Saaty, 1987) y se sabe que es fácil solución para decisiones complejas pero también es limitado debido a un gran número de criterios de evaluación (Podvezko, 2009). Estudios muestran que tiene una precisión superior en el mapeo del potencial de aguas subterráneas en comparación con otros métodos como la técnica de catástrofe (Beltrán y Jaramillo, 2007).

En este estudio, se utiliza un AHP basado en SIG para integrar capas temáticas, que influyen en el almacenamiento natural y el movimiento de agua. Dado que la comparación por pares es vital en la aplicación del AHP, la asociación de capas se pondera de acuerdo con su contribución a la existencia de agua subterránea basada en la escala de (Saaty, 2008). La jerarquización se encuentra en un intervalo de 1-9 la misma que se detalla a continuación en la siguiente tabla.

Tabla 5-2: Escala de valorización entre dos parámetros

Escala	Descripción	Definición
1	Igual importancia	Los dos elementos contribuyen de forma igual al objetivo
2	Importancia Igual a moderada	Se usa para representar prioridades intermedias 1 y 3
3	Importancia moderada	Un factor se favorece ligeramente sobre otro de acuerdo a la experiencia y la cognición
4	Importancia moderada a fuerte	Se usa para representar prioridades intermedias entre 3 y 5
5	Importancia fuerte	Un factor se favorece fuertemente sobre otro por la experiencia y la cognición
6	Importancia fuerte a muy fuerte	Se usa para representar prioridades intermedias entre 5 y 7
7	Importancia muy fuerte o gran importancia	Un elemento es favorecido fuertemente sobre otro, su dominio se demuestra de forma practica
8	Gran importancia a importancia extremadamente fuerte	Se usa para representar prioridades intermedias entre 7 y 9
9	Importancia extrema	La evidencia que favorece un elemento sobre otro, es del mayor grado de afirmación posible

Fuente: Saaty, 2008

Realizado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

La integración de los criterios y sus prioridades se realizó mediante el método de combinación lineal ponderada. La priorización de las variables físicas se basa en la experiencia de los autores considerando especialmente la función de cada criterio para delimitar zonas de recarga hídrica

(Hernández et al., 2020). En este estudio se tomó los siguientes pesos Litología 35 %, Suelo 32%, Topoformas 8%, Pendiente 21% Cobertura vegetal 4 % propuesto por (Lara et al. 2021), en su estudio Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la subcuenca del Río Chambo ya que la presente zona de estudio se encuentra dentro de la mencionada subcuenca.

Obteniendo el primer mapa, se corrió nuevamente la herramienta de superposición ponderada integrando el criterio de precipitación asignando igual prioridad (50 %) a los dos mapas. El modelo para evaluar el potencial de recarga se muestra en la ecuación:

$$PR = [\text{Litología (P1)} + \text{Suelo (P3)} + \text{Topoformas (P2)} + \text{Pendiente (P4)} + \text{Vegetación (P5)}] + [\text{Precipitación (P6)}]$$

Donde:

PR = Potencial de recarga

Pi = Peso o prioridad de cada criterio.

El mapa final del potencial de recarga se reclasificó en cinco clases iguales: 1) muy bajo, 2) bajo, 3) moderado, 4) alto y 5) muy alto.

2.3.1.3. *Obtención de datos para el cálculo de recarga*

Precipitación y temperatura

Los datos de precipitación se obtuvo datos climáticos de la plataforma WorldClim versión 2.1 del año 1970 a 2019, de precipitación media mensual en mm y temperatura máxima media mensual en °C a cada 30 segundos para mayor precisión.

Textura del suelo y densidad aparente

La siguiente información fue aportada por el proyecto DIMATEZ, quienes tomaron 17 muestras de suelo en diferentes puntos de la parroquia Pungalá comunidad Alao Lactapamba con el fin de

conocer su textura, densidad aparente entre otras características. Las mismas que se analizó en el laboratorio suelo de la Universidad Nacional de Chimborazo ver (anexo G).

Tabla 6-2: Resultado de las muestras de suelo, Pungalá

LUGAR: Alaó, Llactapamba, Pungalá		Fecha de recolección: 15/06/20		
		Fecha de análisis: 25/08/20		
IDENTIFICACIÓN	UBICACIÓN		Densidad aparente (gr/cm3)	TEXTURA
	X	Y		
MS – 007-20	783008	9792456	0,64	Franco limoso
MS – 008-20	781508	9793456	0,55	Franco limoso
MS – 009-20	782008	9793456	0,84	Franco
MS – 010-20	783508	9793456	0,64	Franco limoso
MS – 011-20	783508	9793956	0,47	Franco
MS – 012-20	777008	9794456	0,90	Franco arcilloso
MS – 013-20	777508	9794456	0,97	Franco arcilloso
MS – 014-20	779508	9794956	0,90	Franco
MS – 015-20	783508	9794956	0,68	Franco limoso
MS – 016-20	781508	9795456	0,56	Franco
MS – 017-20	782008	9795456	0,48	Franco limoso
MS – 018-20	784008	9795956	0,61	Franco limoso
MS – 019-20	784008	9796456	0,50	Franco
MS – 020-20	783508	9794580	0,43	Franco
MS – 021-20	783430	9794754	0,85	Franco arcilloso
MS – 022-20	783330	9794270	0,50	Franco
MS – 023-20	783260	9794005	0,54	Franco

Fuente: DIMATEZ, 2020

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Pendiente

De acuerdo a Gobierno Municipal del Cantón Riobamba (2020: pp. 23-24), menciona que la parroquia Pungalá posee pendientes medias (10-20 %), se la considera como una pendiente ondulada y suavemente inclinada, con 21,82 km²., pendientes altas (20-45%), denominada suavemente inclinada con 79,85 km²., pendientes muy altas o abruptas (>45%), considerada fuertemente inclinada, montañosa y escarpada con 160,87 km² con texturas medias de suelo entre franco, franco limoso y limoso.

2.3.2. Fórmulas utilizadas en el cálculo recarga potencial

Para el cálculo de volumen de recarga total en las zonas potenciales de recarga hídrica se usó todas las ecuaciones empleadas en el desarrollo del cálculo de la recarga potencial al acuífero propuesta por (Schosinsky, 2006). Las mismas que se detallan a continuación

Ecuación 1.- Retención mensual de lluvia por follaje.

Condiciones que se debe cumplir para obtener la retención mensual (Schosinsky, 2006).

Si **P** es menor o igual a **5** mm/mes, **Ret = P**

Si el producto **(P)(Cfo)** es mayor o igual de **5** mm/mes, **Ret = (P)(Cfo)**

Si **P** es mayor de **5** mm/mes y el producto **(P)(Cfo)** menor de **5**, **Ret= 5**

Donde:

P = Precipitación mensual del mes mm/mes.

Ret = Retención de lluvia en el follaje mm/mes.

Cfo = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos $Cfo = 0,20$, otros $Cfo = 0,12$ (valor adimensional).

Ecuación 2.- Coeficiente de infiltración por textura de suelo (**Kfc**).

De acuerdo con (Schosinsky y Losilla, 2000), el factor más influyen en la infiltración de la lluvia en el suelo, es el coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo (**kfc**), donde se usó la infiltración base (**Fc**), la misma que se obtuvo relacionando la velocidad de infiltración del agua dependiendo la textura del suelo (Schosinsky, 2006).

Tabla 7-2: Valores de velocidad de infiltración según del tipo de suelo

Textura	I (mm/h)
Arenoso	15 - 30
Franco Arenoso	12 - 18
Franco	8 - 14
Franco – Limoso	6 - 10
Arcilloso – Limoso	5 – 8
Arcilloso	3 – 6

Fuente: Orrego, 2014

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Condiciones para obtener el coeficiente de infiltración

Si F_c se encuentra entre **16 y 1568** mm/día, $K_{fc} = 0,267\ln(fc) - 0,000154fc - 0,723$

Si F_c es menor a **16** mm/día $K_{fc} = 0,0148fc/16$

Si F_c es mayor de **1568** mm/día $K_{fc} = 1$

Ecuación 3.- Coeficiente de infiltración del suelo C_i

Basado en la ecuación propuesta por ONU, 1972 citado en Schosinsky (2006), menciona que además de K_{fc} , la pendiente y la vegetación también influyen en el coeficiente de infiltración de suelo C_i . Las condiciones a cumplir de acuerdo Schosinsky (2006) son:

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es mayor de **1**, $C_i = 1$

Si $K_p + K_v + K_{fc}$ es menor o igual a **1**, entonces $C_i = K_p + K_v + K_{fc}$

Donde:

C_i = Coeficiente de infiltración del suelo (adimensional)

K_p = Fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional)

K_v = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional)

K_{fc} = Fracción que infiltra por textura del suelo (adimensional)

Tabla 8-2: Componentes del coeficiente de infiltración

Por pendiente	Pendiente	Kp
Muy plana	0,02%-0,06%	0,3
Plana	0,3%-0,4%	0,2
Algo plana	1%-2%	0,15
Promedio	2%-7%	0,1
Fuerte	mayor de 7%	0,06
Por cobertura vegetal:		Kv
Cobertura con zacate menos del 50%		0,09
Terrenos cultivados		0,1
Cobertura con pastizal		0,18
Bosques		0,2
Cobertura con zacate más del 75%		0,21

Fuente: : Schosinsky y Losilla, 2000

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Ecuación 4. Infiltración de precipitación mensual **Pi**

Para obtener este dato se considera los siguientes factores: precipitación mensual, retención de lluvia en el follaje y coeficiente de infiltración del suelo, a continuación la ecuación (Schosinsky, 2006).

$$Pi = (Ci) (P - Ret)$$

Dónde:

Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes

Ci = Coeficiente de infiltración (adimensional)

P = Precipitación mensual en mm/mes (dato meteorológico)

Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en (mm/mes)

Cabe recalcar que el valor de **Ci** no debe ser mayor a 1, en tal caso fuera mayor a 1, se le asigna el valor de 1, **Ci=1**

Ecuación 5.- Escorrentía superficial ESC

Se aplicó la siguiente ecuación propuesta por (Schosinsky, 2006)

$$ESC = P - Ret - Pi$$

Dónde:

ESC = Escorrentía superficial en mm/mes.

P = Precipitación en mm/mes (dato meteorológico)

Ret = Retención de lluvia mensual por follaje en mm/mes

Pi = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en mm/mes

Balance de suelo

Dentro de este cálculo interviene los siguientes factores: infiltración mensual del suelo, densidad aparente del suelo, profundidad efectiva, punto de marchitez permanente y agua disponible.

Densidad Aparente del suelo

La densidad aparente del suelo se obtuvo de las muestras tomadas en la zona de estudio. Por el Proyecto DIMATEZ - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo y analizadas en la Universidad Nacional de Chimborazo ver (tabla 6-2)

Profundidad efectiva

En la parroquia Pungalá existe gran variedad de cultivos de pasto que se destinan para la producción de especies mayores y menores en especial la ganadería, cultivo de ciclo corto (brócoli, coliflor, lechuga etc.) así como legumbres (fréjol, chocho, lenteja y habas), cereales como quinua, plantación forestal, vegetación arbustiva y vegetación de páramo (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2019, pp.50-56). Mediante esta información se calculará profundidad efectiva tomando la referencia de la tabla (9-2).

Tabla 9-2: Profundidad de raíces en diferente cultivo

Cultivo	Metros
Alfalfa	1 – 2
Algodón	1 – 1,7
Banano	0,5 – 0, 8
Caña de azúcar	1,20 – 2
Frijol	0,5 – 0,7
Cebolla	0,3 – 0,5
Cítricos	1, 20 – 2,0
Zacate	0,3 – 0,5
Bosque	2,0 – 3,0

Fuente: Grassi, 1976 citado en Schosinsky, 2006

Elaborado por: Schosinsky, 2006

Punto de marchitez permanente y Capacidad de campo

El % de capacidad de campo (CC) y el % de punto de marchitez permanente (PMP), se da de acuerdo al peso del suelo seco en sus diferente texturas (Grasisi, 1976; citado en Schosinsky, 2006).

Tabla 10-2: Valores de punto de marchitez permanente y capacidad de campo

Textura del suelo	Porcentaje por peso de suelo seco	
	PMP %	CC%
Arenoso	2-6	6-12
Franco-arenoso	4-8	10-18
Franco	8-12	18-26
Franco-arcilloso	11-15	23-31
Arcilloso-arenoso	13-17	27-31
Arcilloso	15-19	31-39

Fuente: Grassi, 1976 citado en Schosinsky, 2006

Elaborado por: Schosinsky Gunter, 2006

Agua disponible

El agua disponible es la resta del valor de capacidad de campo con el valor del punto de marchitez permanente.

$$AD = CC - PMP$$

Donde:

AD= agua disponible

CC= capacidad de campo

PMP= punto de marchitez permanente

Evapotranspiración potencial (ETP)

De acuerdo con la metodología de Thornthwaite (1948), presenta limitaciones para estudios en zonas áridas o muy húmedas, el motivo es que trabaja en función la temperatura media y la duración del día que son datos mínimos (Thornthwaite, 1948; Camargo et al., 1999; citados en Ortiz y Chile, 2020, pp. 73-74).

Thornthwaite (1948), nos plantea las siguientes fórmulas para el cálculo de la evapotranspiración potencial.

$$ETP = 1.6 \left(\frac{10 T}{I^a} \right)^a$$

Fuente: Thornthwaite, 1948

Donde:

ETP= Evapotranspiración mensual en mm, para un mes ficticio de 30 días y una insolación teórica de 12 de las 24 horas del día.

T= es la temperatura media mensual en °C para el mes considerado.

I= Índice calórico anual obtenido como la suma de índices mensuales.

a= exponente *a* es una función del índice calórico anual *I*

Cabe mencionar que esta fórmula está dada para un mes ficticio de 30 días y una insolación teórica de 12 de las 24 horas del día, por ende, como ninguna de estas condiciones son siempre ciertas se debe realizar su respectiva corrección para obtener un mejor resultado, para ello se desglosa la fórmula y se colocó en ArcGIS para calcular por partes.

Se usó los datos de temperatura de cada mes (enero a diciembre) en °C con una resolución espacial de 30 segundos para mayor precisión, tomados de plataforma WorldClim, se procedió a extraer los datos de **temperatura media mensual** promedios solo para las zonas determinadas con muy alto potencial de recarga hídrica con la herramienta Extract by Mask en formato ráster, posteriormente con la ayuda de la herramienta ráster calculator se sumó y se promedió los 12 ráster (enero a diciembre) de temperatura para obtener la **temperatura promedio anual**, este dato se utilizó para el cálculo de la ETP.

Ecuación 6.- Índice térmico mensual

$$Ín = \left(\frac{tm}{5}\right)^{1,514}$$

[fórmula matemática]

Fuente: (Thornthwaite, 1948)

$$\text{Power}('T_M_ENERO'* 0.02,1.514)$$

[fórmula en ArcGIS]

Fuente: Gutierrez, 2017

Donde:

T_M o **tm** = temperatura media mensual (realizarlo para cada uno de los 12 meses del año).

El índice calórico anual (**I**) es la suma de los 12 (meses) datos de índice térmico mensual con la herramienta ráster calculator de ArcGIS.

Ecuación 7.- Exponente (*a*)

Partiendo del índice calórico anual (*I*) y con la ayuda de la herramienta raster calculator, se obtiene el valor de *a*.

$$a = 0.0000006751 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239 \quad \text{[fórmula matemática]}$$

Fuente: Thornthwaite, 1948

$$a = \text{Power}("I",3) * 0.0000006751 - \text{Power}("I",2) * 0.0000771 + "I" * 0.01792 + 0.49239$$

Fuente: Gutierrez, 2017

[fórmula en ArcGIS]

Ecuación 8. Evapotranspiración potencial sin corregir

Con los datos obtenidos anteriormente se calculó la *ETP sin corregir* con la siguiente fórmula:

$$ETP_{sin\ corr} = 16 * \left(\frac{tm}{I}\right)^a$$

Fuente: Thornthwaite, 1948

$$16 * \text{Power}("TEMP_ENERO" * \text{Power}("IND_CANUAL", - 1), "a") \quad \text{[fórmula en ArcGIS]}$$

Fuente: (Soto, 2017)

Cabe reclamar que este proceso se debe realizar para cada uno de los doce meses.

Donde:

ETP sin corr: Evapotranspiración potencial mensual sin corregir

T: temperatura media mensual

I: índice de calor anual

a: función compleja de I

Ecuación 9.- Factor de corrección

La corrección de la ETP se realizó tomando en cuenta los días que tiene cada mes (30 días para todos los meses) y en referencia a las horas (12 horas) de calor teórico (Thornthwaite, 1948), por ende propuso la siguiente formula.

$$L = \frac{Nd}{30} * \frac{N}{12}$$

Fuente: Thornthwaite, 1948

Donde:

L= Factor de corrección

Nd= Numero de días del mes

N= Número maximo de horas de sol, dependiendo de la latitud y del mes

Ecuación 10.- Evapotranspiración potencial mensual *ETo*

$$ETo = ETP \text{ sin corregir} * \frac{N}{12} * \frac{D}{30}$$

Fuente: Thornthwaite, 1948

Dónde:

ETPo= Evapotranspiración potencial mensual corregida en mm/mes

ETP sin corregir = Evapotranspiración potencial mensual sin corregir

N= Duración máxima diaria media de las horas de fuerte insolación

D= Número de días al mes.

Ecuación 11.- Humedad inicial del suelo (HSi)

“Al iniciar un mes cualquiera, el suelo tendrá una humedad inicial HSi” (Schosinsky, 2006), el inicio del mes se considero al mes en que se tomo la muestra de suelo. El porcentaje del contenido humedad en los ecosistemas de paramós pertenecientes a la provincia de Chimborazo corresponde al 34% (Cunalata y Inga 2012:p. 212). Este dato se pasó de porcentaje por peso de suelo seco, a porcentaje por volumen mediante la siguiente ecuación:

% por volumen = % por peso seco del suelo

mm de agua = (% contenido de humedad)(profundidad efectiva en mm.)*

Ecuación 12.- Coeficiente de humedad 1 (C1)

Se utiliza para considerar cual él es coeficiente sin la evapotranspiración potencial, por ende, “si no existiese evapotranspiración, la precipitación que infiltra (Pi) vendría a aumentar la humedad en el suelo, permitiendo una mayor evapotranspiración, si no consideramos la evapotranspiración, el coeficiente de humedad, al final del mes, sería (C1)” (Schosinsky, 2006:p. 20).

$$C1 = \frac{(HSi - PMP + Pi)}{(CC - PMP)}$$

Fuente: Schosinsky, 2006

Donde:

C1 = Coeficiente de humedad al final del mes antes de que ocurra la evapotranspiración.

HSi = Humedad al inicio del mes, humedad de suelo inicial en mm/mes.

PMP= Punto de marchitez permanente en mm/mes

Pi = Precipitación que infiltra en mm/mes

CC = Capacidad de campo en mm/mes

Ecuación 13.- Coeficiente de humedad 2 (C2)

Esta ecuación ya considera la evapotranspiración real que es el ajuste previo (Schosinsky, 2006:p. 20), la misma que “*corresponde al coeficiente de humedad mínimo, ya que está calculado considerando la humedad del suelo anterior, restándole la evapotranspiración mensual, estimada con el coeficiente de humedad máximo, C1. Por lo tanto, el coeficiente C2 se aproxima al coeficiente de humedad al final del mes.*”

$$C1 * ET = ETPR1.$$

$$C2 = \frac{(HSi - PMP + Pi - ETPR1)}{(CC - PMP)}$$

Fuente: Schosinsky, 2006

Donde:

C2 = Coeficiente de humedad al final del mes, después de que ocurra la evapotranspiración.

ETPR1 = Evapotranspiración potencial real [mm/ mes], considera la humedad correspondiente al coeficiente C1.

ETP = Evapotranspiración potencial [mm/mes].

Ecuación 14.- Evapotranspiración potencial real (ETPR)

$$ETPR = \frac{(HS - PMP)}{(CC - PMP)} * ETP$$

Fuente: Schosinsky, 2006

Donde:

ETPR = Evapotranspiración potencial real en mm/día

HS = humedad del suelo en %

ET = Evapotranspiración de la planta a capacidad de campo en mm/día

CC = Capacidad de campo en %

PMP = Punto de marchitez permanente en %

De acuerdo a los ajustes se calculó aplicando la siguiente ecuación con respecto a sus condiciones:

$$ETPR \frac{mm}{mes} = \left(\left(\frac{C1+C2}{2} \right) ETP \right)$$

Fuente: Schosinsky, 2006

Donde:

ETPR= Evapotranspiración potencial real en mm/mes

C1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración.

C2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C1.

ETP = Evapotranspiración potencial en mm/mes

Condiciones

Condición 1: la *C1* o *C2* no debe ser > 1 , ni < 0 ; si en caso que *C1* o *C2*, sea $> de 1$, se tomará igual a 1. Si *C1* o *C2* son < 0 se tomarán con valor de 0

Condición 2: $HD (mm/mes) = HSi - PMP + Pi$

Condición 3: Si $\left(\frac{C1+C2}{2} \right) ETP$ es $< o = a HD$, entonces $ETR \left(\frac{mm}{mes} \right) = \left(\frac{C1+C2}{2} \right) ETP$

Condición 4: Si $\left(\frac{C1+C2}{2} \right) ETP$ es $> HD$, entonces $ETR \left(\frac{mm}{mes} \right) = HD$

Ecuación 15: Humedad disponible (HD)

Con los datos calculados anteriormente procedemos a calcular la humedad disponible con la siguiente formula

$$HD \left(\frac{mm}{mes} \right) = HSi + Pi - PMP$$

Donde:

HD = Humedad disponible en mm/mes

HSi = Humedad de suelo inicial en mm

Pi = Precipitación infiltrada en mm/mes

PMP = Punto de marchitez permanente en mm

Ecuación 16.- Humedad final del suelo (Hsf)

Para el cálculo de esta variable es necesario tener en cuenta las siguientes condiciones:

Condición 1: Si $(HD + PMP - ETR)$ es $<$ que la **CC**, entonces la $Hsf = HD + PMP - ETR$,

Condición 2: Si $(HD + PMP - ETR)$ es $> o =$ que la **CC**, entonces la $Hsf = CC$

Ecuación 17.- Recarga final potencial del acuífero

La recarga al acuífero sucede cuando la “cantidad de agua que infiltra es suficiente para llevar al suelo a capacidad de campo y además satisfacer la evapotranspiración de las plantas. El agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, es la que recarga al acuífero”(Schosinsky, 2006).

Se calcula con la siguiente ecuación

$$Rp = Pi + HSi - Hsf - ETR$$

Fuente: Schosinsky, 2006

Donde:

R_p = Recarga potencial mensual en mm/mes.

P_i = Precipitación que infiltra en mm/mes.

H_{sf} = Humedad del suelo al final del mes en mm.

ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

El cálculo de la recarga se lo realizo después de obtener todos los datos necesarios y con la ayuda del programa informático desarrollado por Microsoft y que forma parte de Office llamado Excel que nos proporciona resultados sin errores de forma rápida y precisa. Para conocer el volumen total de la recarga anual se sumaron la carga obtenida de cada mes (enero hasta diciembre) que nos da en unidades de mm/añual, la cual se transformó a unidades de m., la misma que se calculó para el área en m² de las zonas con alto potencial de recarga hídrica y nos proporcionó valores de recarga anual en m³.

2.3.3. Segundo objetivo: Identificar amenazas y vulnerabilidades en zonas con alto potencial de recarga hídrica.

Se utilizó el método indirecto semicuantitativo de Evaluación Multicriterio para el análisis de la susceptibilidad de deslizamientos, dentro de un SIG, del sector Pungalá en zonas con muy alto potencial hídrico en el cual se integran factores condicionantes y desencadenantes de la inestabilidad de laderas, así como técnicas de evaluación multicriterio basadas en jerarquías analíticas y sumas lineales ponderadas de pesos de factores y clases (Barredo y Hervas, 2001; citados en Abril, 2011).

En el siguiente estudio identificamos las amenazas para el criterio de riesgo por deslizamiento, riesgo por erosión hídrico e intervención antrópica de acuerdo a la problemática que presenta la zona de estudio.

2.3.3.1. Riesgos por deslizamiento

Para este criterio utilizamos las capas de cobertura vegetal, pendiente y precipitación anual. (Muenala, 2018:p.30), una vez generado este mapa se procederá a su conversión en archivo ráster de resolución espacial de 20 m x 20 m y su reclasificación y ponderación.

Factor condicionante

Factor pendiente: La ponderación para deslizamientos se basa a que a mayor pendiente mayor es la probabilidad de que ocurra un deslizamiento. Las elevaciones montañosos y escarpados favorecen a la ocurrencia de deslizamiento que una zona plana. La unidad de medida de los rangos de la pendiente en grados, se clasifico los rangos en base a (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020)

Tabla 11-2: Ponderación del factor pendiente

Rango %	Ponderación	Color	Calificativo
0 – 10	3	Verde	Pendiente baja
10 – 20	2	Amarillo	Pendiente medio
20 – 45	1	Rojo	Pendiente alta
< 45	1	Rojo	Pendiente alta

Fuente: Gobierno Autónomo Descentralizado del Cantón Riobamba (GADMR) ,2020

Elaborado por: Equipo Técnico PDOT; G.A.D. Municipal del Cantón Riobamba, 2020

Mapa de pendiente

Como insumo principal fue mapa de curvas de nivel a 5 metros tomados de la provincia de Chimborazo en formato vectorial en líneas, se procedió crear tin, transformar a ráster o archivo DEM de una resolución espacial de 20 mx20m con la herramienta tin to ráster para proceder a extraer las zonas con muy alto potencial hídrico de la zona de estudio con la herramienta extract by mask y generar un mapa de pendiente , preliminar con” slope”, posteriormente con la herramienta reclassify se realizó una reclasificación de los valores Figura (3-2) de acuerdo a la ponderación indicada en la Tabla (10-2).

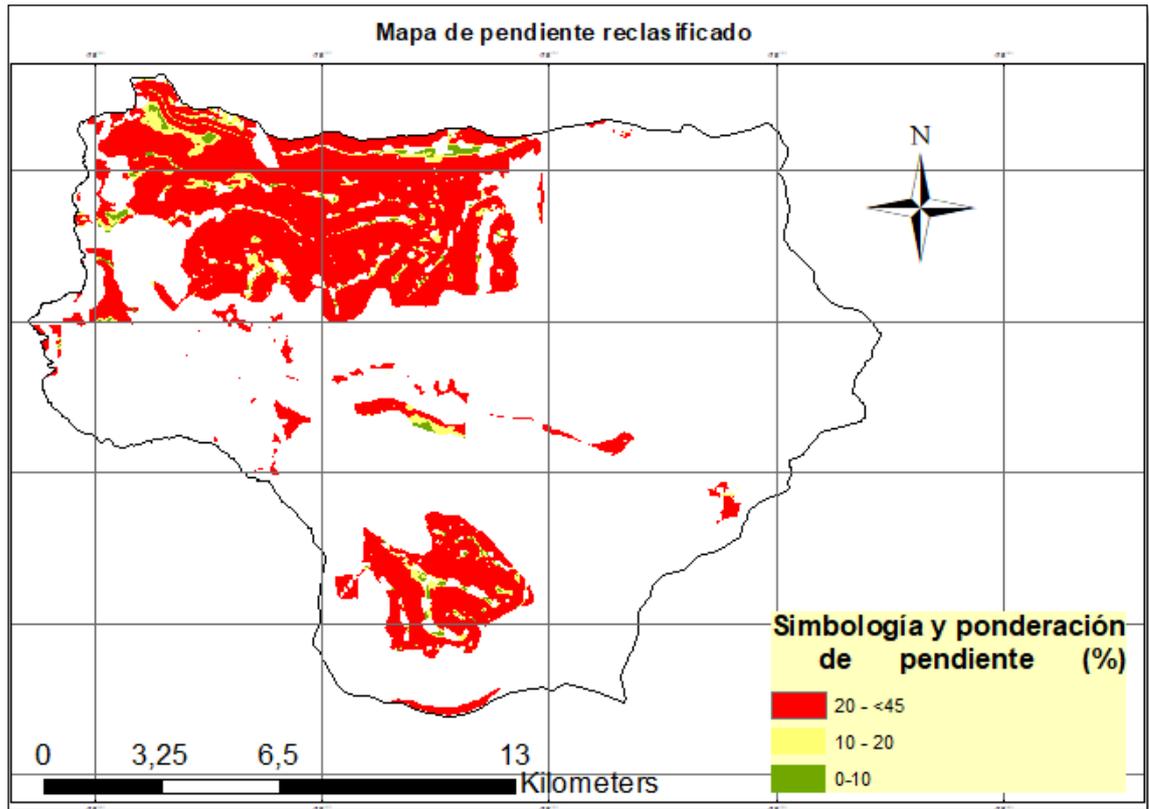


Figura 3-2: Mapa de pendiente reclasificado

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, (2021).

Factor de Cobertura Vegetal

La susceptibilidad al suceso de deslizamientos de las zonas con cobertura vegetal muy baja o nula es mayor con respecto a zonas con presencia de cobertura vegetal, su capacidad de intercepción, densidad y tipo establecen la ocurrencia o no de una erosión y deslizamiento (Cartaya et al., 2010:pp. 26-27).

En áreas con pendiente pronunciados y de coberturas vegetales de ciclos biológicos muy lentos y frágiles, toda intervención en éstas, hace que se aumente la susceptibilidad a la erosión, y a los fenómenos de remoción en masa tal como lo consideran (Roa, 2007; Sampaio, 2006; citados en Cartaya et al., 2010), al definir una relación entre la cobertura vegetal y los fenómenos de remoción en masa en combinación con otras características físicas.

La capa temática y shape de cobertura vegetal de tipo polígono se obtuvo de la plataforma virtual del MAGAP, 1991 dentro de los archivos de información geográfica del Sistema Nacional de Información (SNI) con una escala de 1:250.000, con la herramienta extract by mask se extrajo para zona en estudio, se procedió a la conversión con la herramienta (ráster to polygon) a una resolución espacial de 20 m x 20m, finalmente se realizó la reclasificación en base a la siguiente tabla.

Tabla 12-2: Ponderación del factor cobertura vegetal

Cobertura	Ponderación	Calificativo	Calificado por color
Depósitos de agua	0	No aplica	Azul
Pasto cultivado	1	Alto	Rojo
Eriales	1	Alto	Rojo
Cultivo de pasto bosque	2	Medio	Amarillo
Pasto natural	3	Bajo	Verde
Chaparro vegetación	3	Bajo	Verde

Fuente: MAGAP, 1990

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

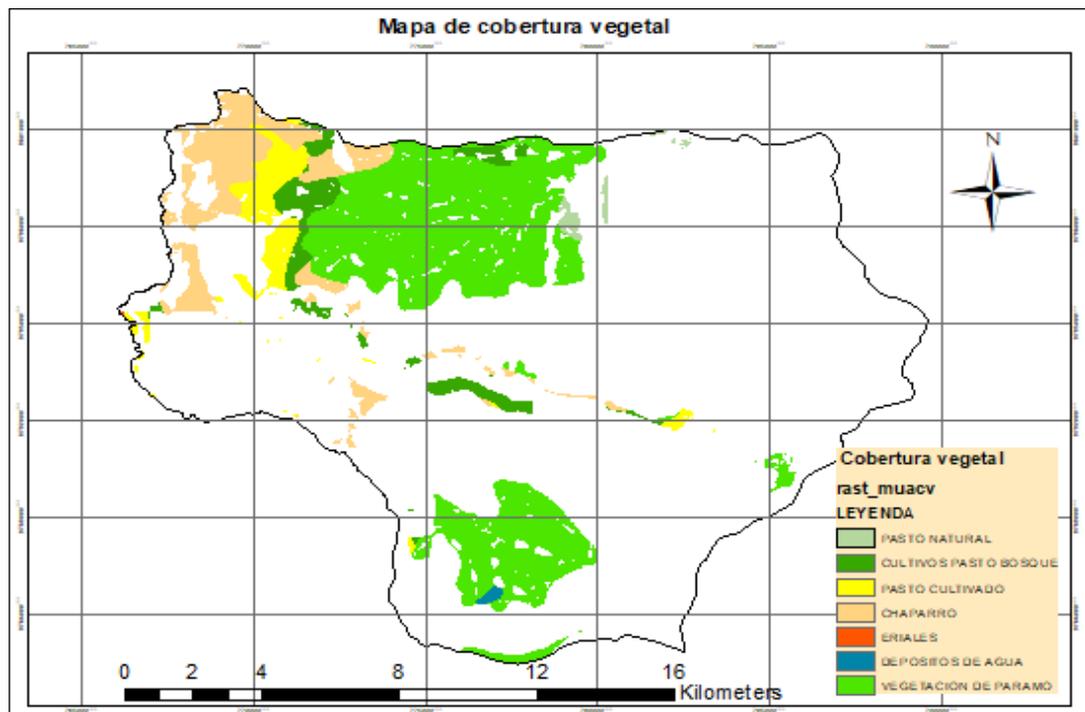


Figura 4-2: Mapa de cobertura vegetal (MAGAP, 1991)

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

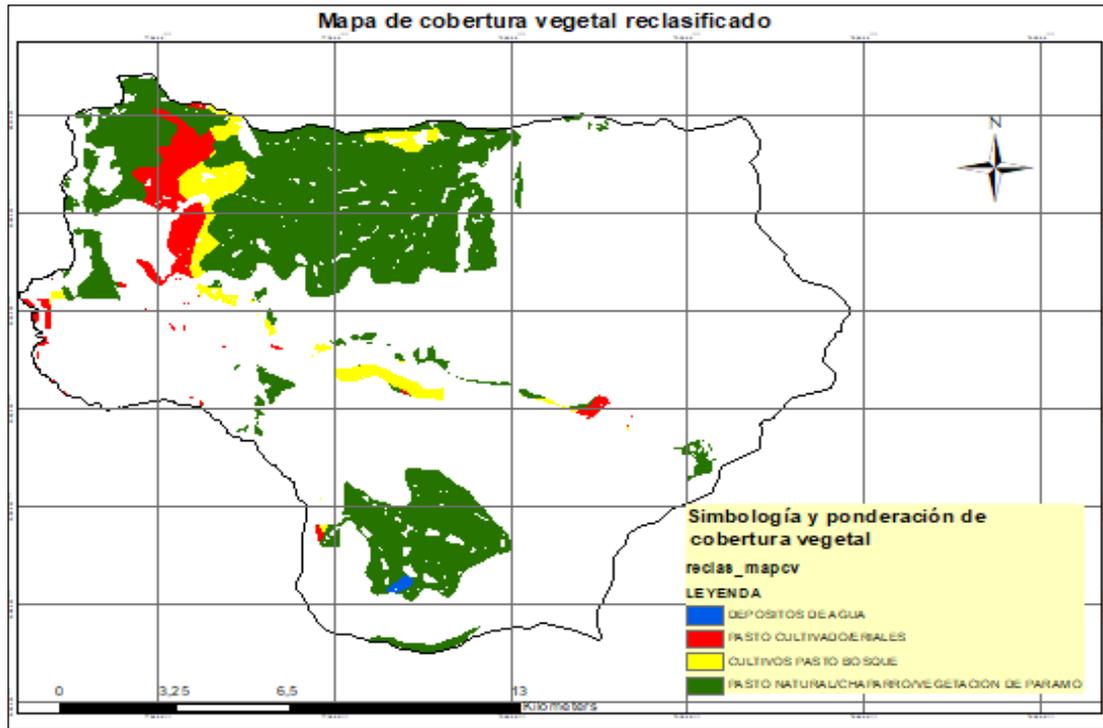


Figura 5-2: Mapa de Cobertura Vegetal reclasificada

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Factor de Precipitación

Las zonas con presencia de precipitación fuerte y frecuentes son susceptibles a deslizamientos, de acuerdo con Muenala (2018,p.35) se debe a que las zonas de mayor precipitación son más propensa a sufrir deslizamientos

Tabla 13-2: Ponderación del factor precipitaciones

Precipitación mm	Ponderación	Calificativo	Color
803 – 948	3	Bajo	Verde
948 - 981	3	Bajo	Verde
981 – 1008	2	Medio	Amarillo
1008 – 1044	2	Media	Amarillo
1044 – 1102	1	Alto	Rojo
1102 - 1201	1	Alto	Rojo

Fuente: Muenala, 2018

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Se usó los datos de precipitaciones media mensual en mm tomados de la plataforma Worldclim versión 2.1 utilizados anteriormente para ejecutar le objetivo uno, la extracción de datos para la zona de estudio se realizó con la herramienta extract by mask y se transformó a un archivo ráster de resolución de 20 m x20m, y reclasificar de acuerdo a la ponderación que muestra en la tabla anterior.

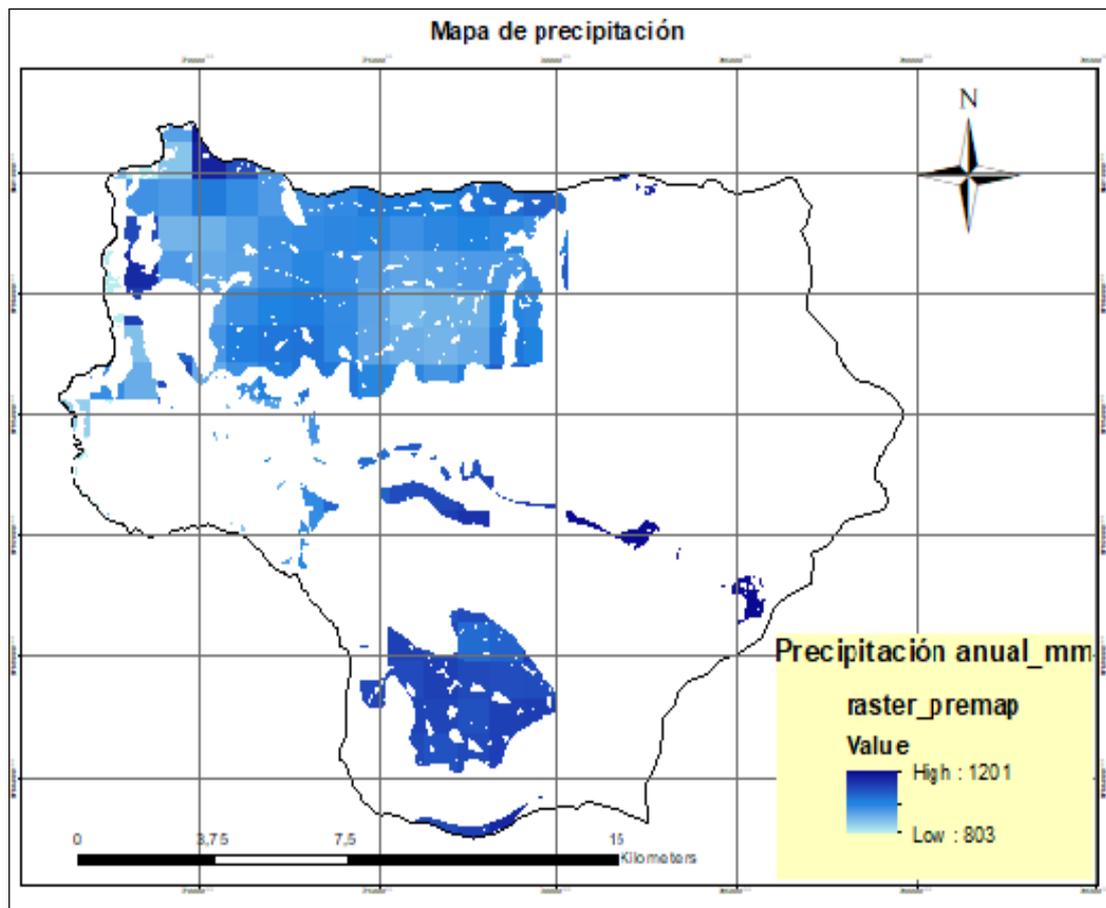


Figura 6-2: Mapa de precipitación media anual en mm.

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

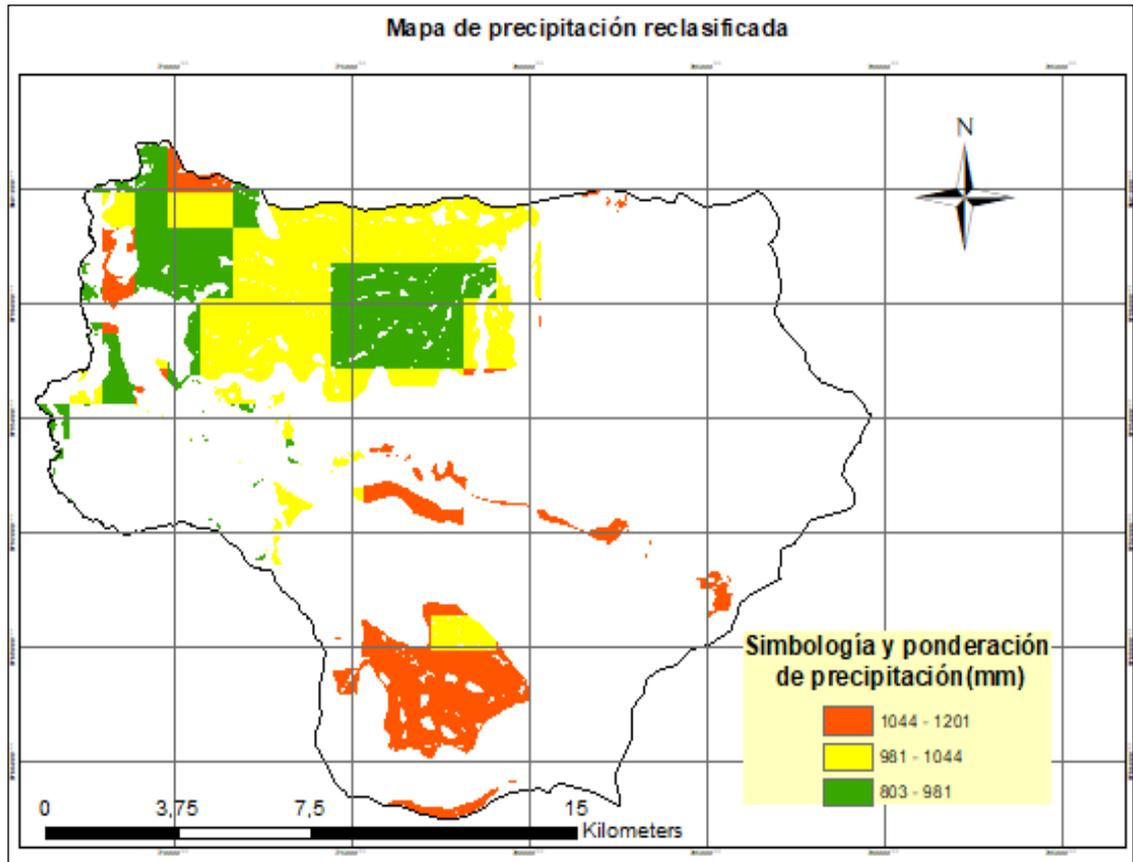


Figura 7-2: Mapa de precipitación reclasificada
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Determinación de zonas con amenazas de deslizamientos.

Se utilizó la herramienta SIG Weighted overlay o Superposición ponderada que aplica uno de los enfoques más utilizados en el análisis de superposición para resolver problemas de varios criterios como la selección de sitios y modelos de adecuación. En un análisis de superposición ponderada, se sigue cada uno de los pasos del análisis de superposición general.

En el presente estudio para la identificación de amenazas por deslizamientos se consideró 3 factores mencionados anteriormente. La asignación de peso a los factores está de acuerdo a su influencia e importancia sobre la amenaza, la asignación se dio de la siguiente manera: al factor pendiente se asignó un peso del 40%, a la cobertura vegetal 25%, y a la precipitación un 35%.

$$MD = (MPR = 0.40) + (MCVR = 0.25) + (MPPR = 0.35)$$

En donde:

MD= Mapa de zonificación-deslizamientos

MPR= Mapa de Pendientes reclasificado

MCVR= Mapa de Cobertura Vegetal reclasificado

MPPR= Mapa de Precipitaciones reclasificado.

2.3.3.2. *Riesgos por erosión*

Los factores como la textura de los suelos y pendientes del terreno son las que determinan las áreas más propensas a erosión que otras (Ortega et al., 2017,p.256).

Factor condicionante

Factor Textura de suelo: A la variable de suelo por textura que se tiene del cantón se aplicó una clasificación según los criterios planteados por (Sánchez, 2009 citado en Ortega et al., 2017).

Las capas temáticas de texturas del suelo se obtuvo de SIAGRO, en los archivos de información geográfica del Sistema Nacional de Información a una escala 1:50.000, tipo polígono actualizada esta capa presenta la clasificación de la textura de los suelos de toda la subcuenca del Río Chambo, la misma que se extrajo con Clip para la zona en estudio en formato polígono, transformar a formato ráster, con la herramienta de conversión Polygon to ráster resolución espacial de 20 m x 20, posteriormente se reclasificó con la herramienta Reclassify de Spatial Analyst tolos basándonos estudios anteriores.

La capacidad de infiltración de un suelo depende de factores como la firmeza de los poros y su tamaño, los suelos firmes poseen poros distribuidos de manera uniforme, por ende los suelos arcillosos presentan dificultad a la hora de infiltrar agua que en presencia de pendiente genera erosión (Calero Pérez, 2017,p. 47).

Los suelos con alto contenido de limo poseen poros más impermeables, lo cual reduce su capacidad de infiltración causando la escorrentía mientras tanto los suelos arcillosos tienen baja capacidad de infiltración en presencia de fuertes lluvias haciendo les susceptibles a la erosión,

otro caso, es el de los suelos arenosos ya que estos tienen una gran capacidad de infiltración donde la gran parte del agua es absorbida evitando la escorrentía sin embargo en lluvias fuertes el arrastre de sus partículas es inevitable debido a su baja capacidad de unión de partículas (Cubero, 1994 citado en Campaña, 2015).

En la perspectiva de fertilidad y capacidad de almacenamiento de nutrientes y agua tenemos a los suelos arcillosos o franco arcillosos denominados así por su alto contenido de materia orgánica. Sin embargo en el sector agrícola su difícil manejo a la hora de laboreo mecanizado causa compactación cuando se lo realiza en suelo muy húmedo o muy seco provocando infiltración superficial lenta (Yáñez et al. 2017, p.156).

En esta parte del estudio la ponderación se realizó de acuerdo a textura de suelo de acuerdo a su composición y su capacidad de retención de humedad, que depende también del contenido de materia orgánica presente, donde los suelos con partículas gruesas son denominados arenas, partículas medianas son limos y suelos con fracciones y partículas más pequeñas son las arcillas, todas las mismas que influyen en el comportamiento del suelo frente al agua.

Tabla 14-2: Ponderación de factor textura de suelo

Textura	Ponderación	Calificativo	Color
Limoso	3	Ligero	Verde
Franco	2	Moderado	Amarillo
Arenoso arcilloso	1	Severo	Rojo
Arenas finas	1	Severo	Rojo
Arenas	1	Muy severo	Rojo
Arcillas	3	Ligero	Verde
Arcilla arenosa	3	Ligero	Verde
Roca	0	No aplica	Negro

Fuente: SIN-SIAGRO, 2014

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

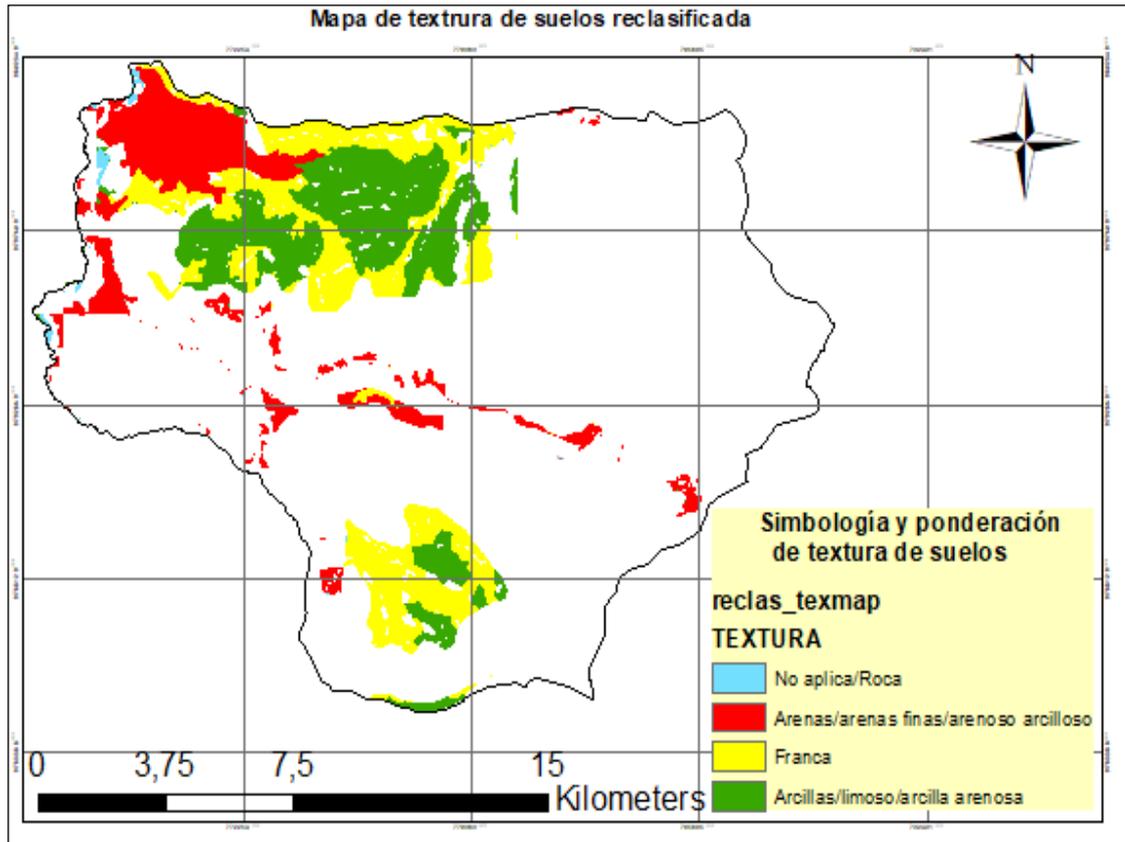


Figura 8-2: Mapa de textura reclasificada
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Factor pendiente: La ponderación para erosión se basa a que a mayor pendiente mayor es la probabilidad de que ocurra erosión, esto debido a que las zonas con relieves montañosos y escarpados acompañado por suelos con poros impermeables son escenarios más favorables que una zona con pendientes bajas o planas, se usó el factor pendiente realizado para criterios por deslizamiento realizado anteriormente (Muenala 2018).

Tabla 15-2: Ponderación de factor pendiente

Pendiente %	Ponderación	Calificativo	Color
0 – 10	3	Pendiente baja	Verde
10 – 20	2	Pendiente media	Amarillo
20 - 45	1	Pendiente alta	Rojo
< 45	1	Pendiente muy alta	Rojo

Fuente: Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Los criterios para la clasificación del riesgo de erosión hídrica versus porcentaje de la pendiente del terreno se basaron en el estudio (Sánchez 2009 citado en Ortega et al., 2017). De acuerdo a Ortega et al. (2017, p.280), señala que a menor pendiente o zonas más planas la erosión hídrica por pendiente tiende a reducir y es mínima, aunque también depende mucho de la textura de suelo de lugar.

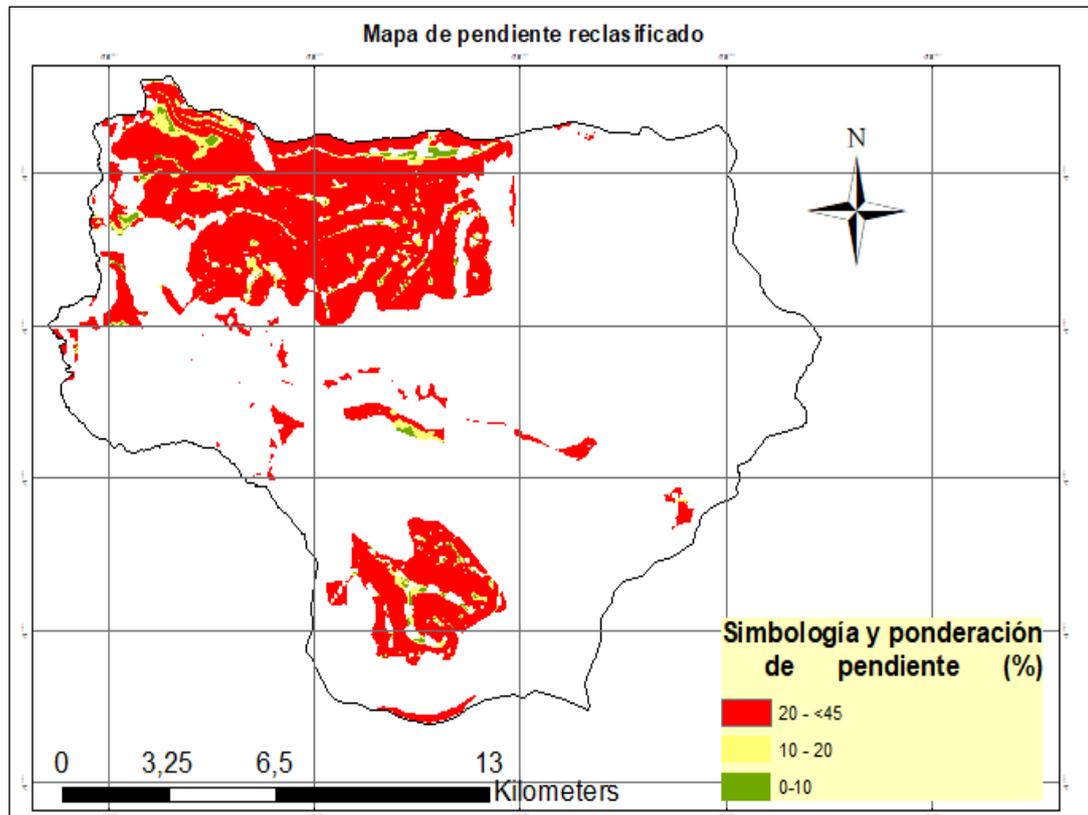


Figura 9-2: Mapa de pendiente de suelo
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Determinación de zonas con amenazas por erosión hídrica

Se utilizó la herramienta SIG, ráster calculator que aplica metodología para evaluar el riesgo de erosión hídrica donde se realiza la sumatoria entre la matriz de riesgo hídrico por pendiente con la matriz de riesgo hídrico por textura de suelo, obteniendo la variable de zonificación de riesgo hídrico de la zona de estudio. En el presente estudio para la identificación de amenazas de deslizamientos se consideró 2 factores mencionados anteriormente. A cada factor se le asignó una influencia de acuerdo a su importancia sobre la amenaza. Al factor textura se asignó un peso del 45% y a la pendiente 55%.

$$\text{MEH} = (\text{MPR} = 0.45) + (\text{MTSR} = 0.55)$$

En donde:

MEH= Mapa de zonificación- erosión hídrico.

MPR= Mapa de Pendientes reclasificado.

MTSR= Mapa de Textura de suelo reclasificado.

2.3.3.3. Riesgos por intervención antrópica

Para conocer los riesgos a intervención antrópica se usó la metodología de Andrade, (2019), en su criterio de la variabilidad de las características de la zona de estudio. Se generó las capas de asentamientos humanos, uso de suelo e intervención antrópico, que determinaran las áreas más propensas a impactos por intervención antrópica.

Tabla 16-2: Ponderación del factor uso y cobertura de suelo

Uso y cobertura de suelo	Ponderación	Calificativo		Color
Tierra agropecuaria	1	Alto		Rojo
Área poblada	1	Alto		Rojo
Plantación forestal	2	Medio		Amarillo
Vegetación arbustiva	3	Bajo		Verde
Bosque nativo	3	Bajo		Verde
Vegetación herbácea	3	Bajo		Verde
Páramo	3	Bajo		Verde

Fuente: Ministerio del Ambiente del Ecuador , 2018

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

El mapa base se tomó de uso y cobertura de suelo Ministerio del Ambiente del Ecuador (2018), la más actual hasta el momento, se extrajo para las zonas con muy alto potencial de recarga hídrica con la herramienta extract by mask. Donde muestra ya la intervención antrópica.

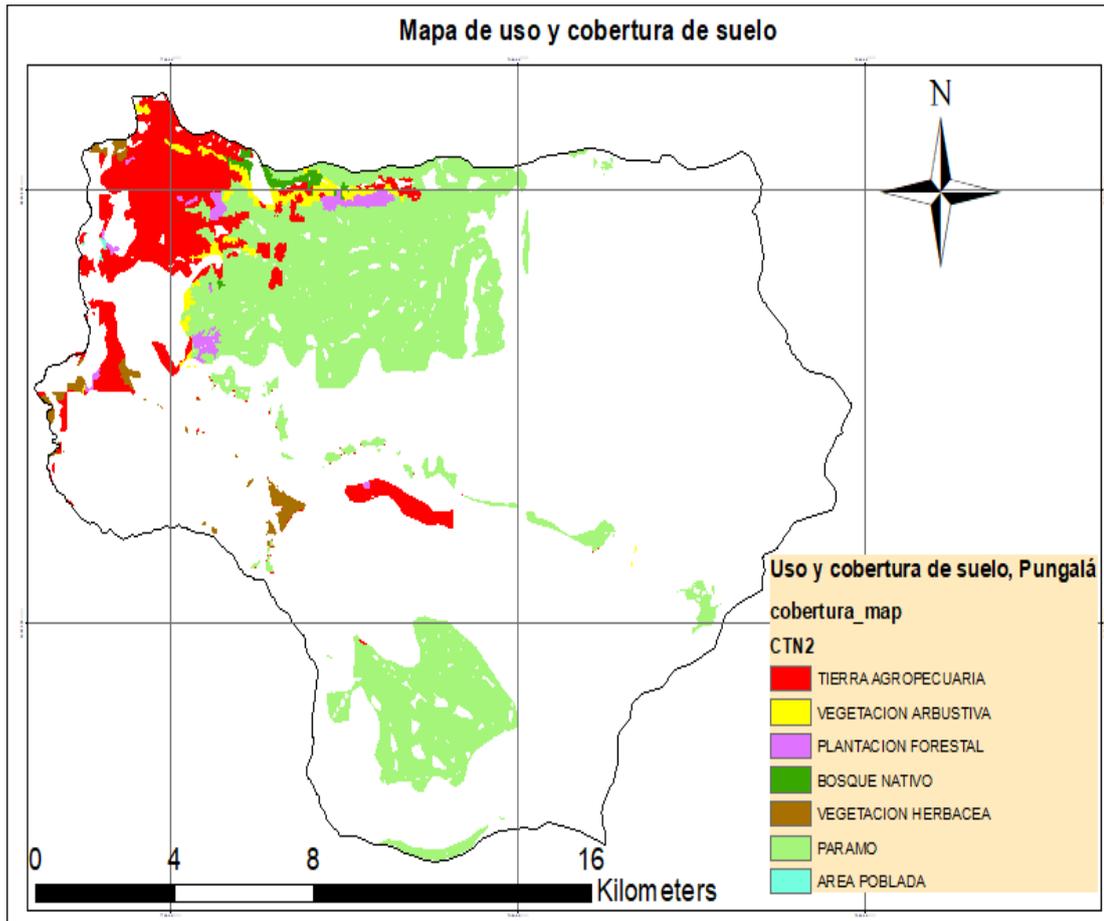


Figura 10-2: Mapa de uso y cobertura vegetal. MAE, 2018
Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, (2021).

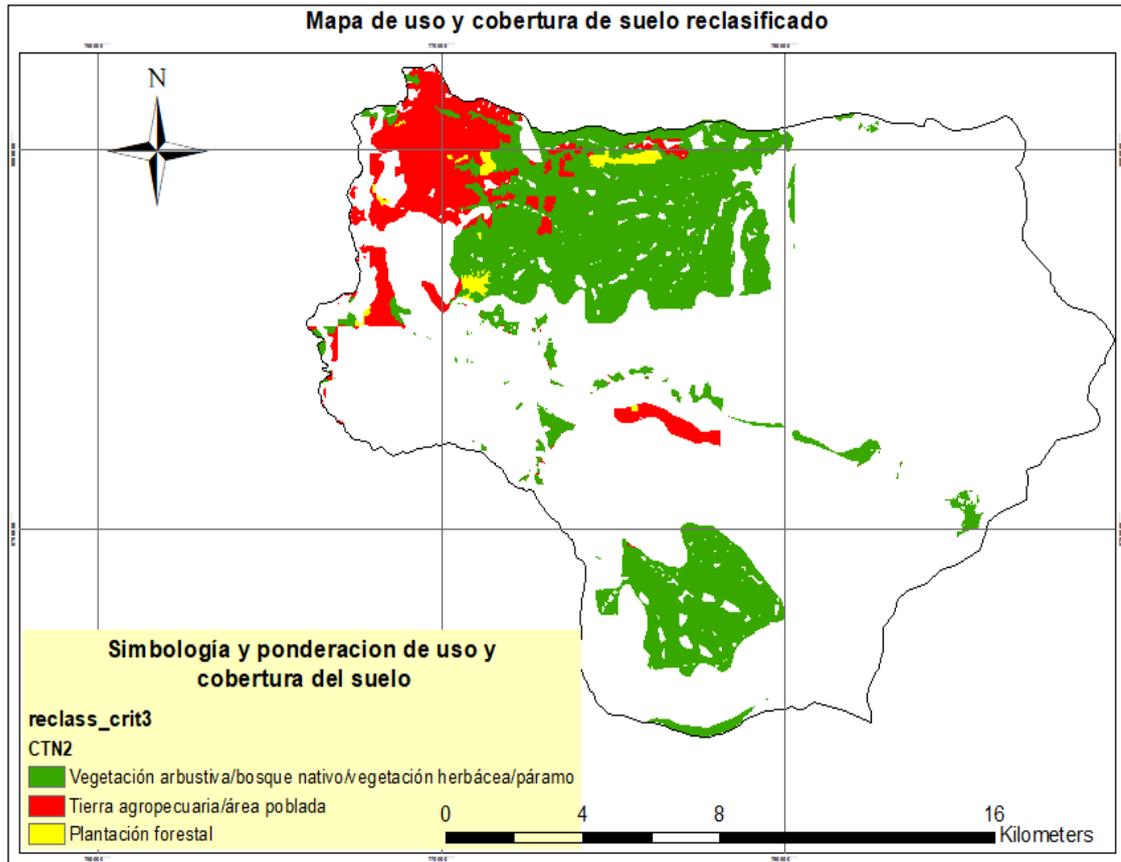


Figura 11-2: Mapa de uso y cobertura de suelo reclasificado

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

2.3.3.4. Metodología de Vulnerabilidad

De acuerdo con Nangüelú (2018), el Análisis de la vulnerabilidad a partir de mapas temáticos elaborados de acuerdo a variables como fracturas, fallas, deslizamientos, hundimientos y derrumbes. A las variables se aplicó Buffer de 100 m, el cual crea un polígono en la zona de influencia alrededor del área de amenaza. El buffer o influencia con radio de 100 m relaciona a la ocurrencia deslizamientos González (2017). Se debe considerar los valores de 50, 100 y 200 m, para las zonas de influencia más aún si se trata en zonas costeras (Viltres, 2010).

Para conocer y calcular el área vulnerable de las zonas amenazadas (deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópico) se utilizó la información de los mapas elaborados anteriormente y se considera una zona de influencia de 100 m.

Tabla 17-2: Variables y zonas de influencia

Variables	Área de influencia (metros)
Deslizamientos	100
Erosión Hídrica	100
Intervención antrópica	100

Fuente: Nangüelú, 2018; González, 2017

Realizado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

En el presente estudio el área de influencia Buffer se aplicará solo para las zonas con alto riesgo de amenaza que está representado por el número 1 y de color rojo. Posterior a esto se transformó los mapas en formato ráster (deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópica) a mapas en formato vectoriales, seguidamente se calculará áreas en ha. con alto riesgo para cada uno de los criterios propuestos. La misma que se extrajo con la herramienta Data export data y aplicar la herramienta buffer a 100 metros de distancia alrededor de las zonas amenazadas. Así mismo calcular la nueva área en ha. de la zona de influencia donde.

Área vulnerable = (área de zonas con alto riesgo de amenaza aplicado Buffer) – (área de zonas con alto riesgo de amenaza).

2.3.4. Tercer objetivo: Proponer medidas de manejo y conservación para las zonas con alto potencial de recarga hídrica.

Al conocer las zonas con alto riesgo de amenaza (deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópica) y su vulnerabilidad se propondrá medidas de manejo y conservación en las zonas con alto potencial de recarga.

2.3.4.1. Metodología.

Se usó la metodología de Marco Lógico, la cual, es una herramienta que ayuda o facilita el proceso de conceptualización, diseño, ejecución y evaluación de proyectos y/o programas, se centra en orientar los objetivos hacia grupos beneficiarios y el facilitar la participación y la comunicación entre las partes interesadas (Sánchez, 2007).

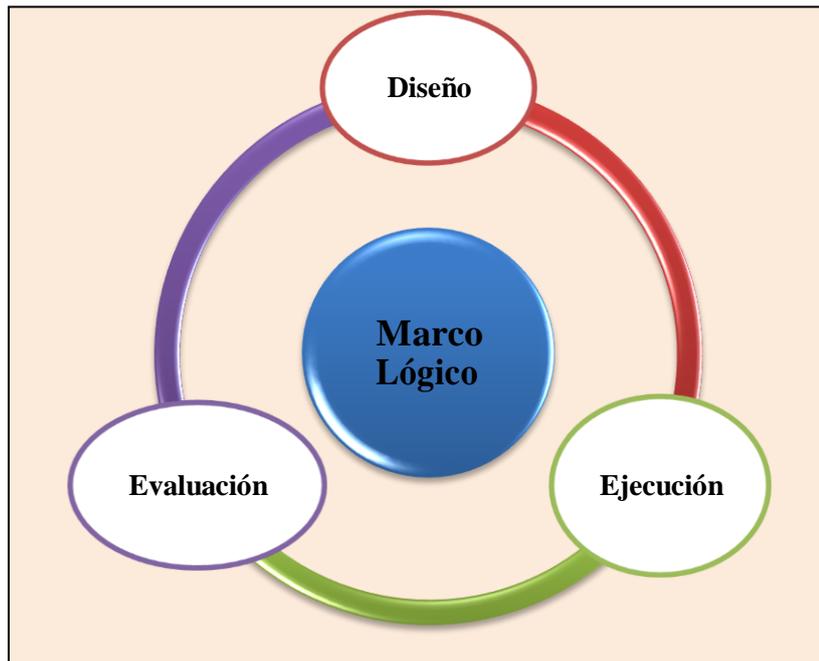


Figura 12-2: Marco Lógico y el ciclo de vida del proyecto
Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Según Sánchez (2007), el método fue elaborado originalmente como respuesta a tres problemas comunes a proyectos:

1. *“Planificación de proyectos carentes de precisión, con objetivos múltiples que no estaban claramente relacionados con las actividades del proyecto.”*
2. *“Proyectos que no se ejecutaban exitosamente, y el alcance de la responsabilidad del gerente del proyecto no estaba claramente definida.”*
3. *“Y no existía una imagen clara de cómo luciría el proyecto si tuviese éxito, y los evaluadores no tenían una base objetiva para comparar lo que se planeaba con lo que sucedía en la realidad.”*

Etapas de la metodología.

Teniendo el conocimiento del problema y la motivación para solucionarla, así como menciona en ILPES estas etapas son dos (Sánchez, 2007).

a. *“Identificación del problema y alternativas de solución, en la que se analiza la situación existente para crear una visión de la situación deseada y selección de las estrategias que se aplicarán para conseguirla y existen cuatro tipos de análisis.”*

Análisis de involucrados: Es el vínculo que puede tener cualquier persona o grupo, institución o empresa en el proyecto es muy importante, esto permite optimizar los beneficios sociales e institucionales y limita los impactos negativos.

El análisis de involucrados de Ortegón et al. (2015d:p.16), implica:

1. *Identificar todos quienes tenga interés o que se pudieran beneficiar directa e indirectamente, ya sea a nivel local, regional y nacional*
2. *Investigar sus roles, intereses, poder relativo y capacidad de participación.*
3. *Identificar su posición, de cooperación o conflicto, frente al proyecto y entre ellos y diseñar estrategias con relación a dichos conflictos.*
4. *Interpretar los resultados del análisis y definir cómo pueden ser incorporados en el diseño del proyecto.*

Tabla 18-2: Modelo de cuadro para análisis de involucrados

Instituciones/ Organizaciones/ Personas	Competencias/Funciones/Actividades	Intereses	Potencialidades	Limitaciones
ONG's				
Gobierno (local, regional y nacional)				
Universidades				
Pobladores				

Fuente: CEPAL - ILPES (Ortegón et al. 2005. p. 16).

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Análisis de problemas

Este análisis identifica los problemas reales y actuales, así como sus causas y sus efectos que, pueden afectar al beneficiario con el que se quiere trabajar y no los problemas posibles a futuro (Sánchez, 2007).

También es necesario tener un sin número de problemas que se presenten alrededor de una situación. Se deberán relacionar y señalar problemas unas con otros, algunas serán las causantes.

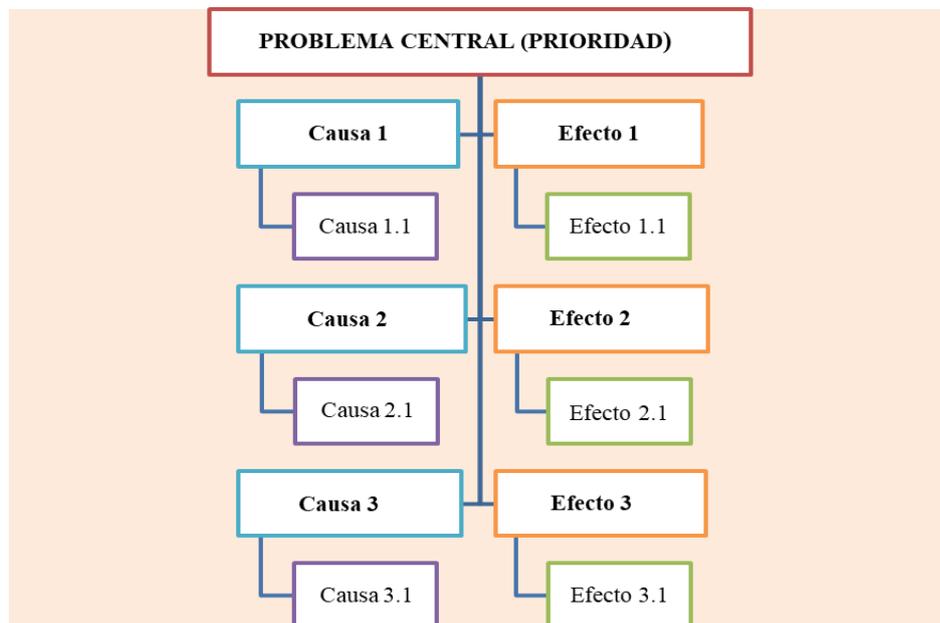


Figura 13-2: Representación esquemática del árbol de problemas
Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Análisis de objetivos

Este análisis permitirá describir la situación futura o resultado al que se quiere llegar una vez que se resuelvan los problemas, las condiciones negativas del árbol de problemas se cambiarán a condiciones positivas las mismas que deben ser viables a ser alcanzadas, así, las causas del problema se transforman en medios, los efectos en fines o soluciones y el problema central en objetivo central del proyecto (Sánchez, 2007: pp.335-336). En resumen, árbol de problemas está en aspecto negativo y se cambia a aspecto positivo.

Análisis de alternativas

Las alternativas constituyen las acciones óptimas para dar solución a los problemas y cumplir con los objetivos. A un conjunto de objetivos planteados se puede englobar en una alternativa, las mismas que son validadas en el ámbito económico, ambiental y legal.

Para configurar las distintas alternativas de solución del problema se agruparán acciones complementarias. Cada acción sustituta, junto con las que le sean complementarias, dará origen a una alternativa de programa (Aldunate y Córdoba, 2011,p.57).

Las alternativas se debe considerar los siguientes aspectos (Aldunate y Córdoba 2011,p. 57):

1. *Viabilidad técnica de construirla o implementarla.*
2. *Aceptabilidad de la alternativa por la comunidad.*
3. *Financiamiento requerido versus disponible.*
4. *Capacidad institucional para ejecutar y administrar la alternativa de programa.*
5. *Impacto ambiental.*

Identificación de las alternativas (acciones) de solución

El árbol de objetivos (medios y fines) es el punto de partida para identificar y plantear varias alternativas (acciones) que permitirán solucionar el problema. Es por eso que debe existir una relación lógica entre los análisis de causa, medio y acción, donde la relación que existe entre un problema y explique existencia de una causa que lo provoca (Sánchez, 2007).

Las alternativas constituyen las acciones óptimas para dar solución a los problemas y cumplir con los objetivos. A un conjunto de objetivos planteados se puede englobar en una alternativa, las mismas que son validadas en el ámbito económico, ambiental y legal.

Para configurar las distintas alternativas de solución del problema se agruparán acciones complementarias. Cada acción sustituta, junto con las que le sean complementarias, dará origen a una alternativa de programa (Aldunate y Córdoba, 2011,p.57), el mismo da anotar que en las alternativas se debe considerar los siguientes aspectos :

1. *Viabilidad técnica de construirla o implementarla.*
2. *Aceptabilidad de la alternativa por la comunidad.*
3. *Financiamiento requerido versus disponible.*
4. *Capacidad institucional para ejecutar y administrar la alternativa de programa.*
5. *Impacto ambiental.*

Identificación de las alternativas (acciones) de solución.

El árbol de objetivos (medios y fines) es el punto de partida para identificar y plantear varias alternativas (acciones) que permitirán solucionar el problema. Por esta razón debe existir una relación lógica entre los análisis de causa, medio y acción, donde la relación sobre la existencia de un problema se explica por la existencia de una causa que lo provoca, para solucionarlo es necesario recurrir a unos medios que eliminen la causa, para hacer efectivos este medio se debe identificar una acción que lo operacionalice (Sánchez, 2007).

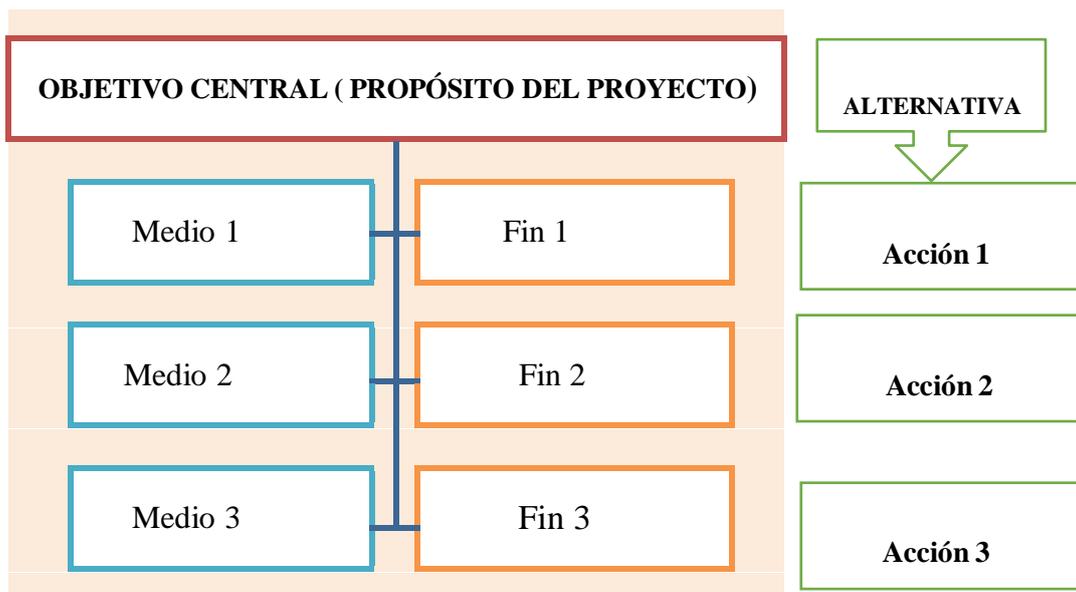


Figura 14-2: Representación esquemática de análisis de árbol de objetivos y alternativa.

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

b. *“La planificación, es donde la idea del proyecto se convierte en un plan operativo práctico para la ejecución, aquí se elabora la matriz de marco lógico donde se presenta en forma resumida los aspectos más importantes del proyecto.”*

Según Ortégón et al. (2015e:p.22), posee cuatro columnas que suministran la siguiente información:

1. *“Un resumen narrativo de los objetivos y las actividades a alcanzar (contribuye a la solución del problema).”*
2. *“Indicadores (Resultados específicos a alcanzar que son específicos, medibles, realistas y que sea posible establecer un período de tiempo).”*
3. *“Medios de Verificación (Fuentes para sustentar las actividades como: facturas, lista, informes).”*
4. *“Supuestos (factores externos que implican riesgos pueden ser económico, políticos o sociales entre otros).”*

Y cuatro filas que presentan información acerca de los objetivos, indicadores, medios de verificación y supuestos en cuatro momentos diferentes en la vida del proyecto (Sánchez, 2007).

1. *Fin al cual el proyecto contribuye de manera significativa luego de que el proyecto ha estado en funcionamiento.*
2. *Propósito logrado cuando el proyecto ha sido ejecutado.*
3. *Componentes (Bienes o servicios a entregar) /Resultados completados en el transcurso de la ejecución del proyecto.*
4. *Actividades (acciones) requeridas para producir los componentes acordes a las alternativas.*

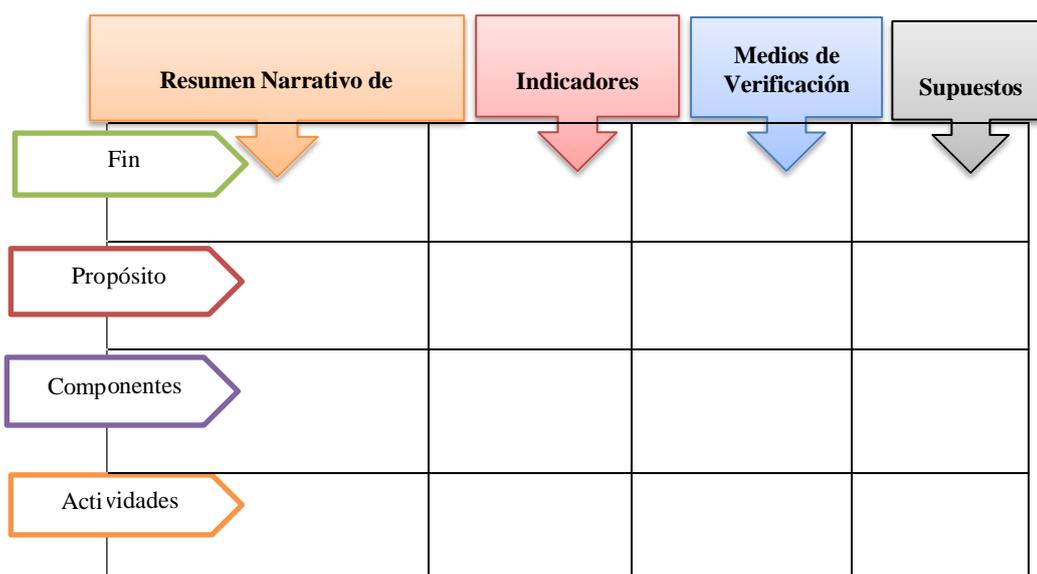


Figura 15-2: Representación esquemática de Matriz de Marco Lógico, CEPAL- ILPES

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

- c. *Análisis y estimación de costos para las medidas (componentes o acción) propuestas. Los costos para cada medida van de acuerdo a la acción a realizarse dentro del proyecto que incluye las actividades, el área y un tiempo determinado para la ejecución y evaluación de la acción.*

Tabla 19-2: Formato de tabla para estimación de costo propuesta para cada medida

MEDIDA 1					
Proyecto 1.1					
ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (USD)	UNITARIO	COSTO TOTAL (USD)
Actividad 1	0	kg	0,00		0,00
Actividad 2	0	unidad	0,00		0,00
TOTAL DE PROYECTO					0,00
Proyecto 1.2					
ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO (USD)	UNITARIO	COSTO TOTAL (USD)
Actividad 1	0	metros	0,00		0,00
Actividad 2	0	días	0,00		0,00
TOTAL DE PROYECTO					0,00

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

CAPITULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Resultados

3.1.1. Zonas potenciales de recarga hídrica

De acuerdo a la metodología aplicada de Analisis multicriterio y sus variables: litología, pendiente, topografías, , textura del suelo, cobertura y uso del suelo y precipitación, el primer modelo consideró las siguientes capas con sus respectivos pesos: litología 35%, pendiente 20%, topografías 8%, textura de suelo 32%, cobertura y uso del suelo 4% y un segundo modelo considero la capa resultante más la capa de precipitación con pesos iguales de 50 % cada uno.

Las zonas de recarga hidrica fueron clasificadas en 5 categorías de potencial de recarga : muy alto, alto, moderado, bajo y muy bajo. Las zonas con alto muy potencial de recarga hídrica se ubican en su mayoría al oeste, centro norte y centro sur de la parroquia, cuenta con un área de 6.647,115297 hectáreas, presentan formaciones rocosas de lavas altamente fisuradas, piroclásticas, zonas con ecosistemas de páramo montañosos, escarpados y valles. Poseen en suelos arenosos, franco arenoso seguido de franco y franco limoso, Con respecto a la pendiente predominan las pendientes medias que van de 10 a 20 %, pendientes altas de 20 a 45 % y pendiente muy altas o abruptas mayores a 45 % de inclinación. Las precipitaciones totales anuales en la parroquia Pungalá , registran una mínima de 803 mm. y una máxima de 1201 milímetros de lluvia anual, las zonas más lluviosas se ubican al oeste, sur y sureste se registra menor pluviosidad en las zonas centro de la parroquia.

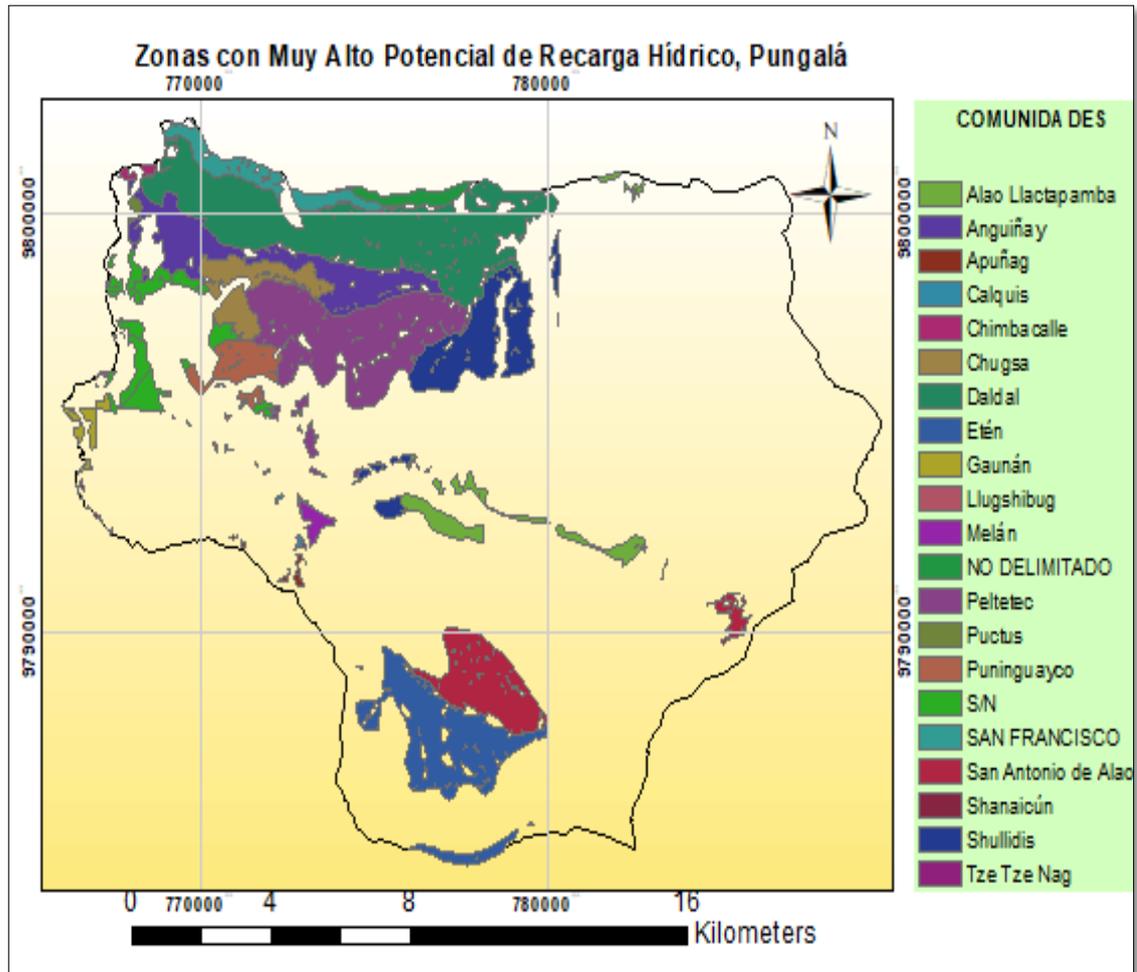


Figura 1-3: Mapa de zonas con alto potencial de recarga hídrica

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Las comunidades dentro las zonas con muy alto potencial de recarga son: Tze Tze Nag 0,051732 ha., Llugshibug 2,477513 ha., Chimbacalle 17,662795 ha., San Antonio de Alao 496,266746 ha., Etén 744,981745 ha., Apuñag 14,839579 ha., Melán 94,523103 ha., Calquis 7,183216 ha., Shanaicún 4,482504 ha., Gaunán 50,905852 ha., Puctus 14,792616, Daldal 1628,388522, Puninguyco 203,166353 ha., Chugsa 292,336008 ha., Peltetec 1050,966433 ha., Anguiñay 620,614911 ha., Shullidis 575,064323 ha., Alo Llactapamba 2014,030198 ha. y San Francisco con 236,090357 ha.

3.1.1.1. *Calculo de precipitación.*

Las zonas con mayor precipitación se encuentran al noroeste, este y sur de la zona de estudio con precipitación máxima de 1201 mm, mínimo 803 mm y media de 1010 mm al año.

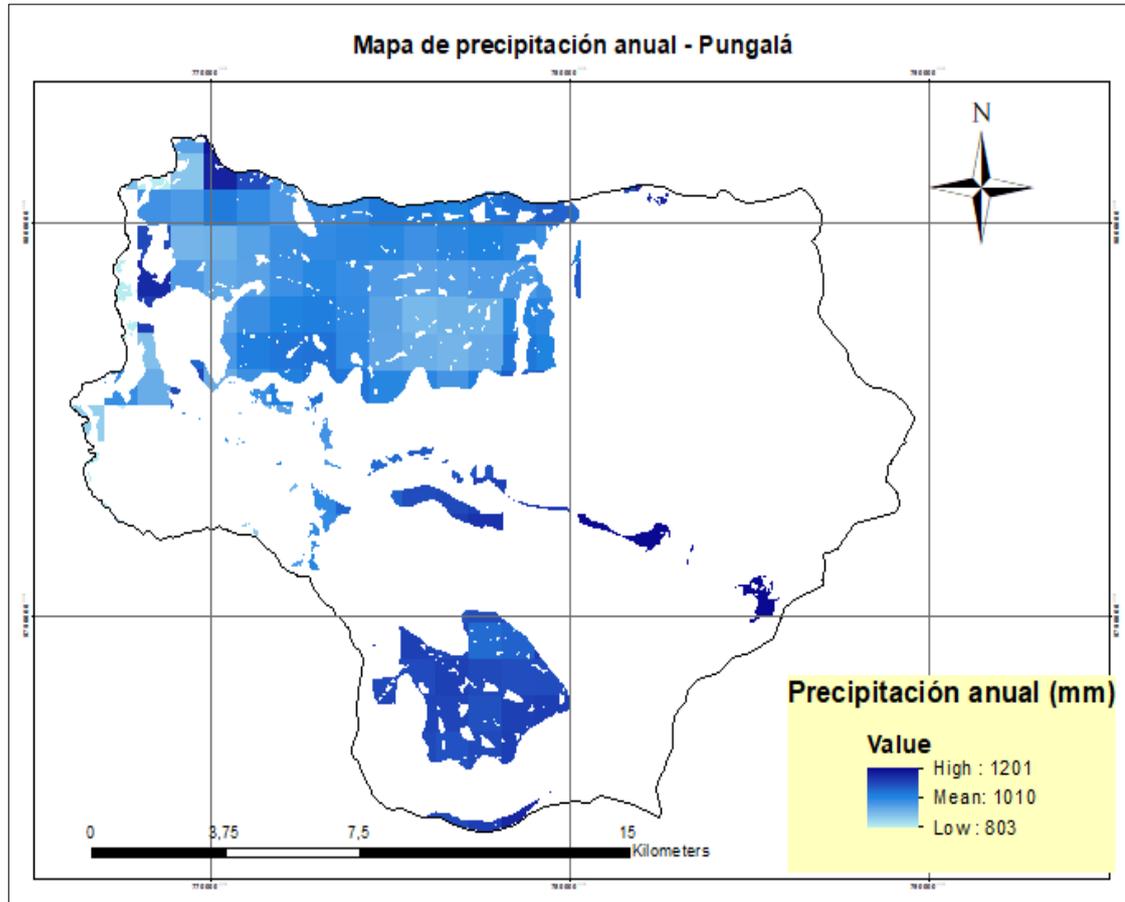


Figura 2-3: Mapa de precipitación en las zonas con muy alto potencial de recarga hídrico

Elaborado por: Aucancela Guanoema, Verónica, 2021

3.1.1.2. *Evapotranspiración (ATP) en las zonas con alto potencial de recarga hídrica*

La corrección de la evapotranspiración potencial nos muestra que existe una mayor pérdida por evapotranspiración en la parte noreste de la zona de estudio, ETP máxima de 341,165 mm/año, mínima de 324,78 y un promedio de 332,78 mm/año.

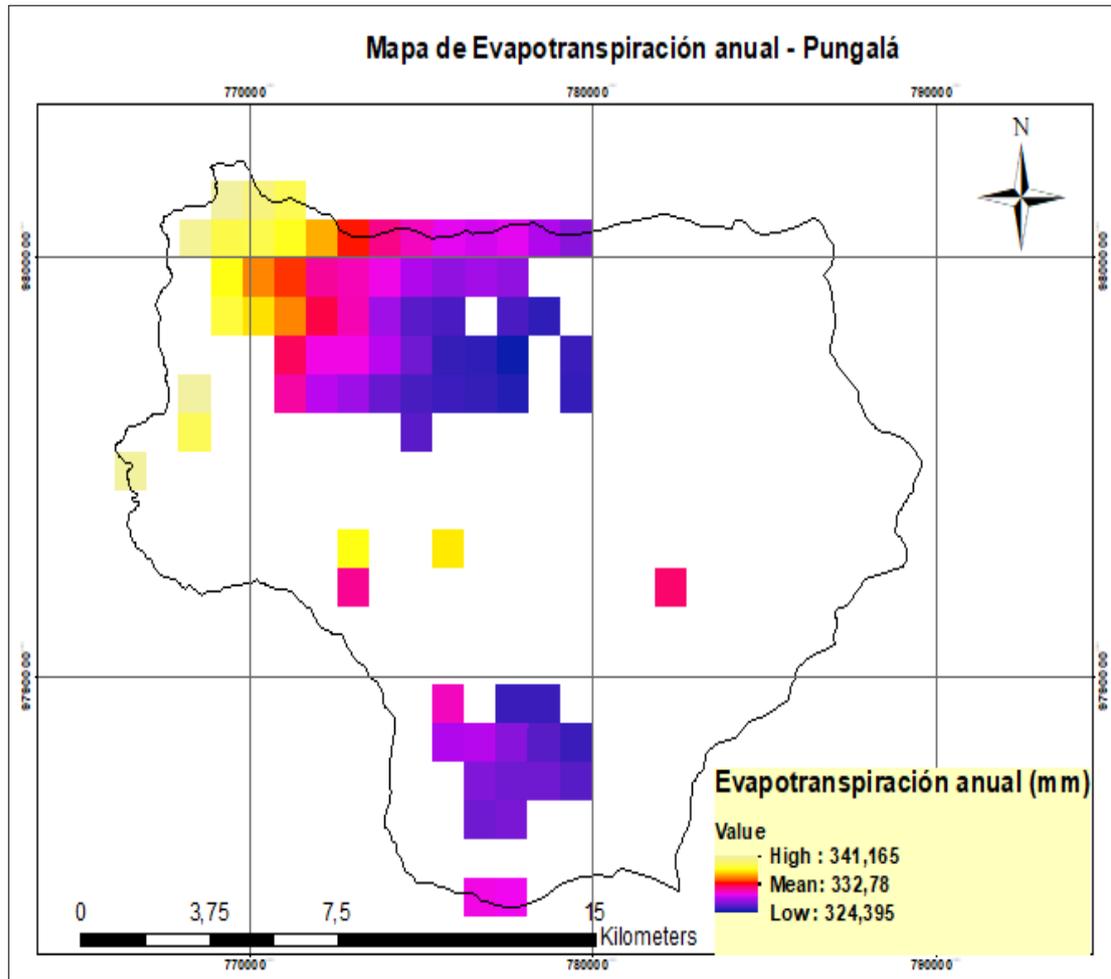


Figura 3-3: Mapa de evapotranspiración anual en las zonas con alto potencial de recarga hídrica

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

3.1.1.3. Recarga de acuífero

De acuerdo al análisis de suelo realizado por el proyecto DIMATEZ en Pungalá predominan suelos francos, seguido de franco limoso y franco arcilloso con densidad aparente $0,59 \text{ g/m}^3$. La zona de alto potencial de recarga posee cobertura vegetal como bosque, herbazal de páramo, vegetación arbustiva, plantación forestal, cultivos de ciclo corto y pastizales, con esta información generamos el siguiente cuadro datos ver tabla (1-3), necesarios para usar la metodología de balance de suelo de Schosinsky.

Usando la hoja de cálculo del libro Excel y aplicando las formulas descritas en la metodología, se calculó el volumen de recarga del área total de las zonas determinadas como potenciales ver tabla

(2-3). Donde se obtuvo una recarga 717,82 mm/año y un volumen total de recarga 47'714.415,32 m³ en las 66'471.200,00 m².

Tabla 1-3: Datos obtenidos para el uso en balance hídrico de suelos

DATOS ESPECIFICOS DE LA ZONA DE ESTUDIO		
LUGAR: Pungalá		
LATITUD:	-1,6787	LONGITUD: -78,6614
ESTACIÓN CLIMÁTICA:	Worldclim	TEXTURA:
ÁREA EN m²	66'471.200,00	Franco, franco arenoso
COEFICIENTE DE INFILTRACION		
INFILTRACIÓN BASE	264,00 mm/día	
K _{fc}	0,73	
K _p	0,06	
K _v	0,18	
C _i	0,97	
PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO		
Profundidad efectiva	694,08	mm
Densidad aparente	0,59	g/cm ³
H _{Si}	235,99	mm
Mes de la H _{si}	6	mes (1-12)
	%	mm
Capacidad de campo (CC)	22,0	90,47
Punto de marchitez permanente (PMP)	10,0	41,12
CC- PMP = agua disponible	12,0	49,35
Porcentaje de humedad (%)	0,34	
Coefficiente de follaje (Cof)	0,12	

Fuente: Schosinsky, 2006

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Tabla 2-3: Cálculo del volumen de recarga en zonas determinadas potenciales de recarga hídrico

VARIABLES	Enero	febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Anual
Precipitación (mm)	59,82	94,57	108,75	120,67	106,01	103,46	89,32	70,24	80,95	86,39	85,54	56,11	1061,83
Retención (mm)	7,18	11,35	13,05	14,48	12,72	12,42	10,72	8,43	9,71	10,37	10,27	6,73	127,42
Infiltración (mm)	50,81	80,32	92,36	102,48	90,04	87,87	75,86	59,66	68,75	73,37	72,65	47,66	901,82
Escorrentía (mm)	1,84	2,90	3,34	3,70	3,25	3,18	2,74	2,16	2,48	2,65	2,63	1,72	32,59
ETP (mm)	28,10	26,29	27,86	26,85	29,32	26,63	27,52	27,57	27,58	27,59	27,61	27,62	330,53
Hsi (mm)	41,12	56,74	64,50	75,64	60,85	235,99	52,42	42,89	47,24	50,56	50,03	41,12	
ETPR (mm)	0,00	8,32	13,20	18,77	11,72	105,16	6,30	0,99	3,42	5,28	4,98	0,00	
C1	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	
C2	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,97	
HD (mm)	50,81	95,93	115,73	136,99	109,76	282,74	87,15	61,42	74,86	82,81	81,56	47,66	
ETR (mm)	28,10	26,29	27,86	26,85	29,32	26,63	27,52	27,57	27,58	27,59	27,61	26,67	329,58
HSf (mm)	41,12	56,74	64,50	75,64	60,85	90,40	52,42	42,89	47,24	50,56	50,03	41,12	
Recarga potencial (mm)	22,70	54,03	64,50	75,64	60,72	206,82	48,34	32,09	41,17	45,78	45,05	20,98	717,82
VOLUMEN TOTAL (m³)													47'714.415,32

Fuente: Schosinsky, 2006

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

3.1.2. Amenaza y vulnerabilidad de las zonas potenciales de recarga hídrica

La parroquia Pungalá poseen pendientes medias desde 20 %, pendientes altas hasta los 45% y mayores a 45% de nominadas pendientes abruptas se consideran montañosas y escarpada. Cobertura vegetal presenten en la zona son bosque, plantación forestal, herbazal de páramo, pastizales para ganadería y cultivos de ciclo corto. Las precipitaciones van dese 803 a 1201 mm anuales. De acuerdo al análisis, reclasificación y ponderación realizada para cada uno de los criterios para la ocurrencia de un deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópica los modelos cartográficos resultantes son los siguientes.

3.1.2.1. Identificación de amenaza y vulnerabilidad por deslizamiento

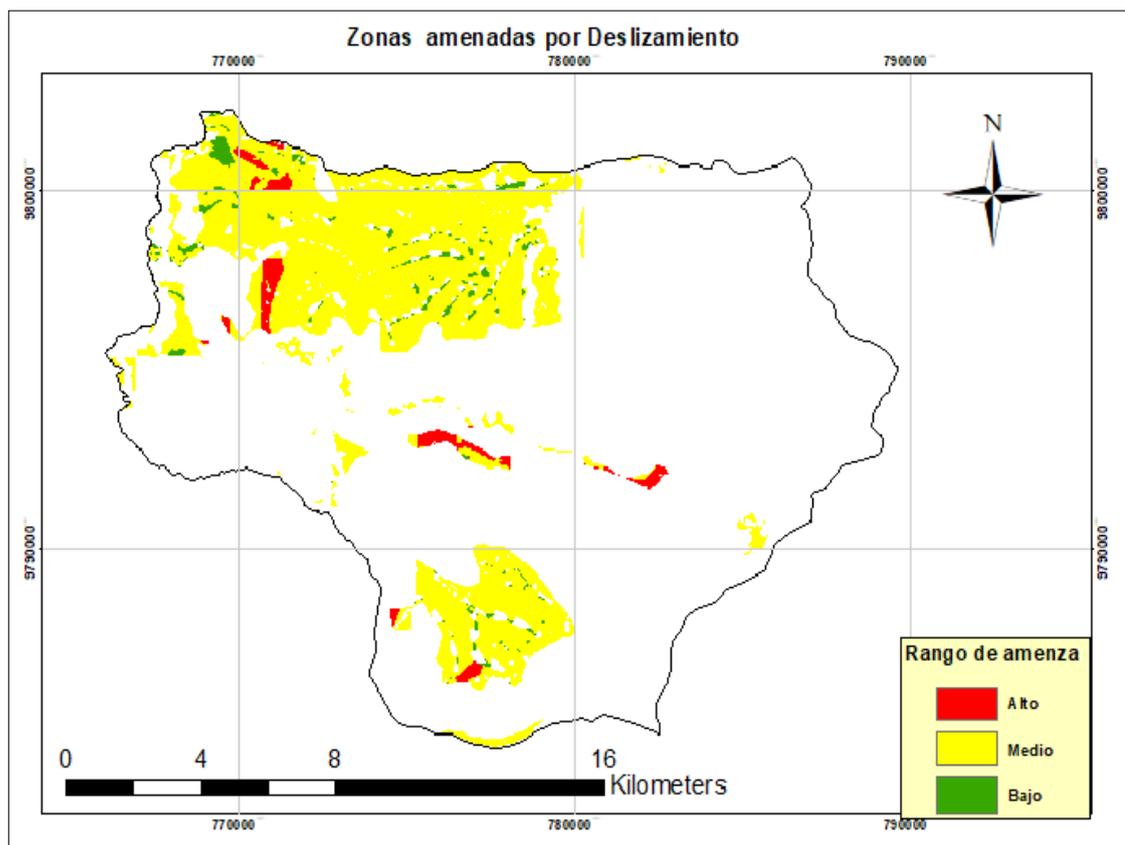


Figura 4-3: Mapa de amenazas por deslizamiento

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

De acuerdo a la figura 4-3 las zonas con alto grado de amenaza por deslizamiento está representadas por color rojo con una superficie de 290,819997 ha., que corresponde 4,71% del

área total las mismas que están distribuidos en toda la zona e involucran a las comunidades: S/N con 0,053994 ha., Peltetec con 0,111841 ha., Llugshibug con 0,157969 ha., S/N con 0,910372 ha., San Francisco con 11,319515 ha., S/N con 13,521892 ha., Shullidis con 19,049894 ha., Puninguyco con 31,478059 ha., Etén con 32,517725 ha., Chugsa con 45,122456 ha., Daldal 56,484819 ha., Alao Llactapamba con 80,091461 ha. Presentan pendientes de 20 a 45 % y mayores a 45% con cubierta vegetal de pasto y eriales, precipitaciones que van desde 1044 hasta 1201 mm.

Amenaza media o moderado representado por color amarillo con una superficie de 5646,817349 ha., que corresponde al 91,47 % del área total, en este grado de amenaza se encuentran las comunidades: Llugshibug con 0,386568 ha., Chimbacalle con 13,087276 ha., San Antonio de Alao con 454,361113 ha., Etén con 625,901263 ha., Apuñag con 7,646797 ha., Melán con 43,016728 ha., Calquis con 3,470002 ha., Shanaicún con 0,41845 ha., Gaunán con 37,006647 ha., S/N con 0,043943 ha., S/N con 53,202996 ha., S/N con 51,950704 ha., S/N con 23,146333 ha., S/N con 28,413589 ha., Puctus con 12,264363 ha., Daldal con 1434,711225 ha., Puninguyco con 150,010887 ha., S/N con 10,127409 ha., S/N con 20,222525 ha., Chugsa con 234,265786 ha., Peltetec con 966,098068 ha., Anguiñay con 564,943823 ha., Shullidis con 491,655173 ha., Alao Llactapamba con 85,368659 ha. S/N con 25,586989 ha., S/N con 27,527585 ha., No Delimitado con 88,452334 ha., San Francisco 193,530112 ha, presentan pendientes de 10 a 20 % con cobertura vegetal de pasto y bosques, las precipitaciones que ahí se presentan van de 981 has 1044 mm.

La amenaza baja representada por el color verde cuenta con una superficie 235,983868 ha., que corresponde al 3,82% dentro de este rango de amenaza se encuentran las comunidades: Llugshibug con 0,144793 ha., San Antonio de Alao con 5,871609 ha., Etén con 19,866899 ha., Apuñag con 0,025615 ha., S/N con 7,465146 ha., S/N con 0,934627 ha., S/N con 5,553819 ha., S/N con 3,036845 ha., Daldal con 81,769803 ha., Puninguyco con 0,902274 ha., Chugsa con 0,04 ha., Peltetec con 35,967565 ha., Anguiñay con 33,821378 ha., Shullidis con 16,98172 ha., Alao Llactapamba con 2,41148 ha., S/N con 11,248578 ha., San Francisco con 9,941716 ha.

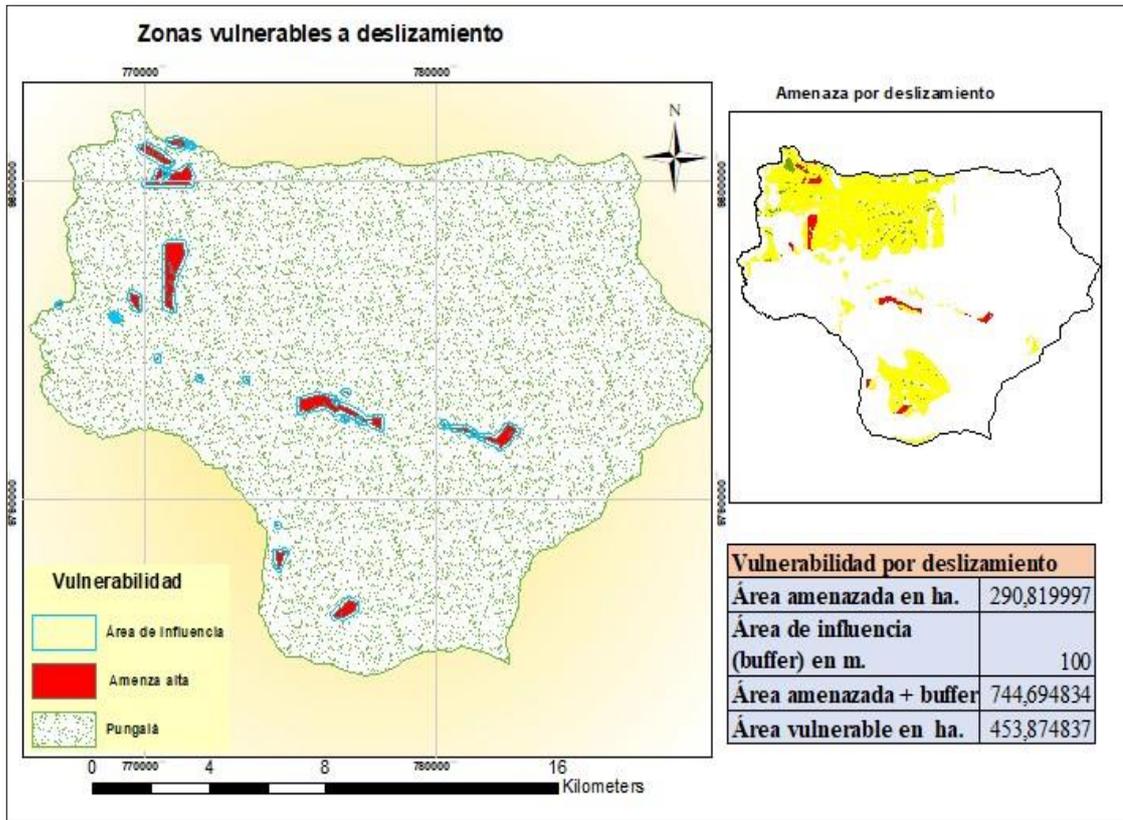


Figura 5-3: Mapa de zonas vulnerables a deslizamiento.

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Los deslizamientos o movimiento de masas son causados por fenómenos naturales debido al cambio climático o fenómenos antropológicos. La alteración del equilibrio natural de una pendiente, cobertura vegetal y suelo las hacen vulnerables al dicho fenómeno. La ocurrencia de esta es mayor durante fuertes lluvias y sequía por largos periodos de tiempo. El área propensa/vulnerable a deslizamiento dentro las zonas con alto potencial de recarga cubre una superficie de 453,874837 ha., alrededor del área con amenaza alta por deslizamiento.

Las comunidades vulnerables son: S/N., Peltetec, Llugshibug, S/N, San Francisco, S/N, Shullidis, Punguayco, Etén, Chugsa, Daldal, Alao Llactapamba.

3.1.2.2. Amenaza por erosión hídrica

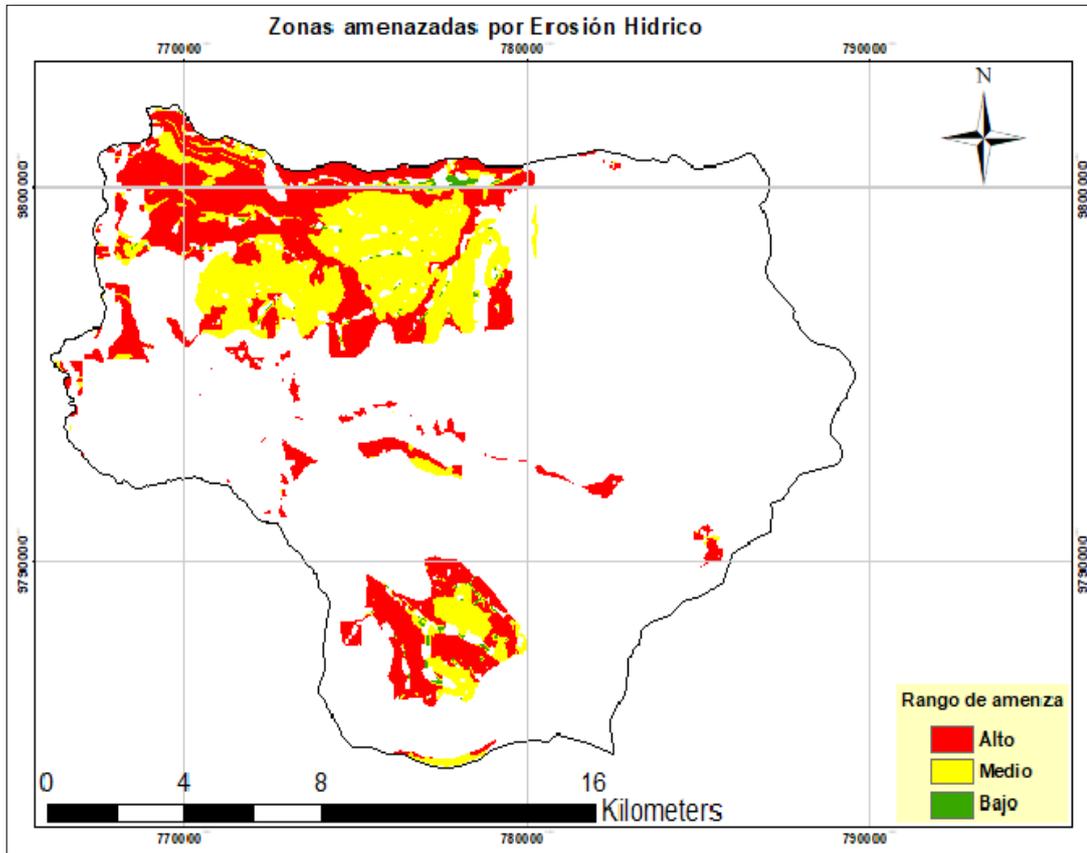


Figura 6-3: Mapa de amenazas por erosión hídrica

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Las zonas con alto grado de amenaza por erosión hídrica comprenden un área de 3442,354708 ha., que corresponde al 55,76 % de área total, representado por el color rojo dentro de esta amenaza están las comunidades: S/N con 0,043943 ha., S/N con 0,053994 ha., Shanaicún con 0,215606 ha., Calquis con 3,470002 ha., S/N con 10,127409 ha., Puctus con 11,42463 ha., Apuñag con 7,550737 ha., Chimbacalle con 13,004146 ha., S/N con 26,060516 ha., S/N con 19,40576 ha., S/N con 3,186729., S/N con 20,424374 ha., S/N con 18,087515 ha., Melán con 43,045312 ha., Gaunán con 31,694999 ha., S/N con 51,562743 ha., S/N con 53,399799 ha., NO DELIMITADO con 87,104915 ha., Punguayco con 79,374325 ha., Alao Llapapamba con 130,062539 ha., SAN FRANCISCO con 171,206979 ha., Chugsa con 152,671983 ha., San Antonio de Alao con 279,878637 ha., Shullidis con 214,69949 ha., Anguiñay con 361,531777 ha., Etén con 475,469084 ha., Peltetec con 350,119724 ha., con Daldal 827,477037 ha.

Las zonas con amenaza de riesgo medio poseen una superficie de 2655,559564 ha., que corresponde al 43,01% representado por color amarillo, involucran a las siguientes comunidades: Llugshibug con 0,544536 ha., San Antonio de Alao con 174,152371 ha., Etén con 182,284233 ha., Apuñag con 0,12474 ha., Shanaicún con 0,147414 ha., Gaunán con 5,148902 ha., S/N con 8,223123 ha., S/N con 1,363467 ha., S/N con 9,42771 ha., S/N con 10,955353 ha., Puctus con 0,873434 ha., Daldal con 713,96096 ha., Puninguyco con 102,28691 ha., S/N con 30,575264 ha., Chugsa con 126,523265 ha., Peltetec con 645,78985 ha., Anguiñay con 233,978366 ha., Shullidis con 307,672198 ha., Alao Llactapamba con 38,099492 ha., S/N con 18,035687 ha., S/N con 1,319381 ha., No Delimitado con 1,29725 ha., San Francisco con 42,775658 ha.

Las zonas de amenaza por riesgo bajo comprende una superficie de 75,72738 ha., corresponde al 1,23% representado por color verde, la misma que involucra a las siguientes comunidades: Llugshibug con 0,144793 ha., San Antonio de Alao con 6,069235 ha., Etén con 20,268988 ha., Daldal con 31,82552 ha., Puninguyco con 0,902274 ha., Chugsa con 0,337555 ha., Peltetec con 6,194533 ha., Anguiñay con 3,275074 ha., Shullidis con 5,176801 ha., S/N con 0,631521 ha., S/N con 0,105616 ha., San Francisco con 0,795472 ha.

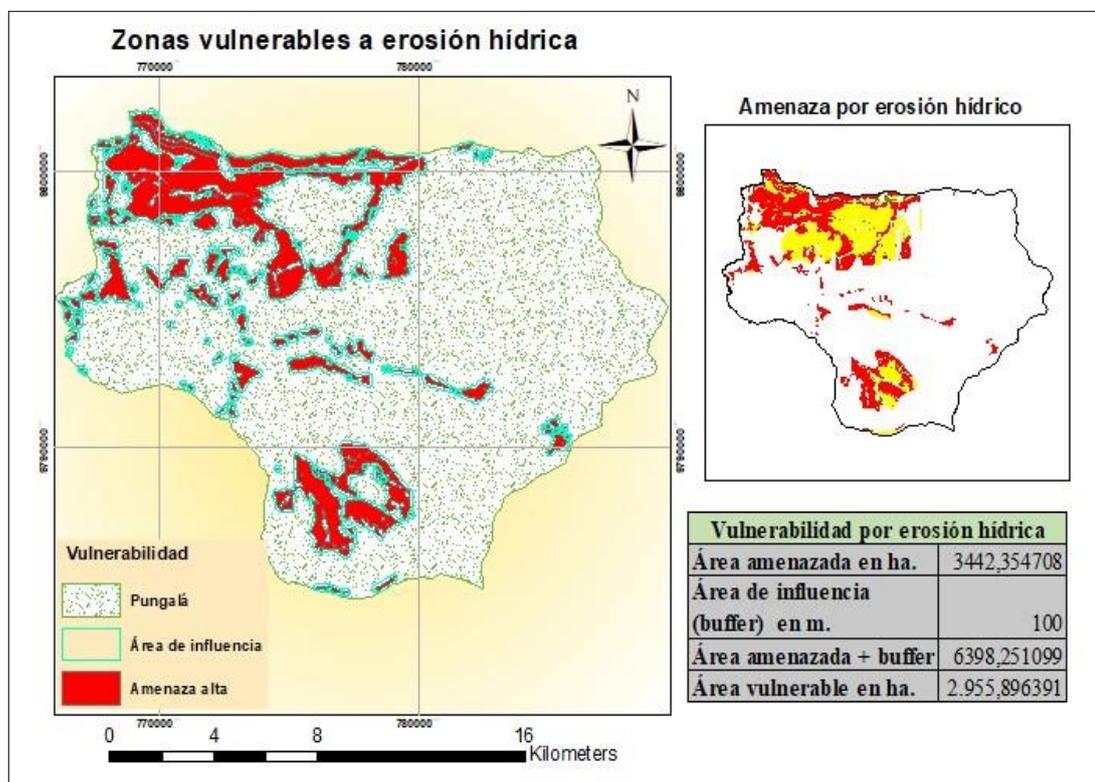


Figura 7-3: Mapa de zonas vulnerables a erosión
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

La erosión hídrica es un proceso que implica la pérdida de la capacidad productiva del suelo por parte de la acción del agua que cae o se mueve sobre un suelo con condiciones favorable: escasa cobertura vegetal acompañado de tipo de suelo.

La reducción de capacidad productiva del suelo debido al manejo inadecuado del suelo como: falta de rotación del cultivo, uso excesivo de herbicidas, fungicida y fertilizantes químicos pueden alterar la estructura y composición del suelo en el caso agrícola por su parte ganadería provoca la compactación, pérdida de vegetación natural y erosión del suelo. Estos factores acompañados de fuertes y constantes precipitaciones favorecen a la ocurrencia de la erosión hídrica. De acuerdo a estas características la vulnerabilidad de riesgo por erosión hídrica en las zonas con alto potencial de recarga hídrica se ubican al noroeste, centro y sur de la parroquia Pungalá con una superficie de 2.955,896391 ha., alrededor del área con amenaza alta por erosión hídrica. Las comunidades vulnerable a este riesgo son: Shanaicún, Calquis S/N, Puctus, Apuñag., Chimbacalle, S/N., Melán, Gaunán, No Delimitado, Puninguyco, Alao Llactapamba, San Francisco., Chugsa, San Antonio de Alao, Shullidis, Anguiñay, Etén , Peltetec, Daldal.

3.1.2.3. Amenaza por intervención antrópica

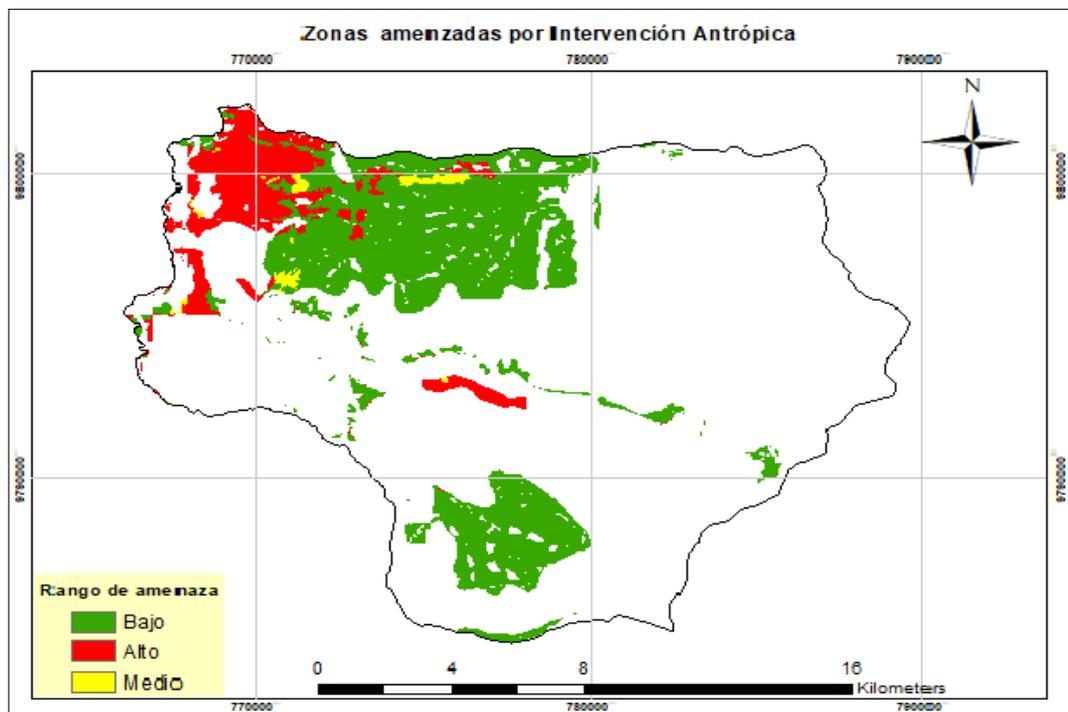


Figura 8-3: Mapa de amenazas por intervención antrópico
Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

La intervención antrópica con alto grado de amenaza comprende a una superficie de 1458,78407 ha., corresponde al 21,95 % del área total del estudio, representada por color rojo y se ubican en su mayoría al noroeste y un mínimo al centro sur de la parroquia pertenecientes a las comunidades Llugshibug con 2,273909 ha., Chimbacalle con 0,497887 ha., San Antonio de Alao con 0,028789 ha., Etén con 1,139745 ha., Apuñag con 0,849457 ha., Melán con 1,075503 ha., Calquis con 0,167839 ha., Shanaicún con 3,452414 ha., Gaunán con 19,12028 ha., S/N con 0,123615 ha., S/N con 48,528507 ha., S/N con 49,515174 ha., S/N con 34,6492 ha., S/N con 33,409128 ha., Puctus con 14,621417 ha., Daldal con 461,225377 ha., Punguayco con 26,458071 ha., S/N con 0,360337 ha., S/N con 4,998881 ha., Chugsa con 107,365856 ha., Peltetec con 18,483433 ha., Anguiñay con 293,078001 ha., Shullidis con 29,329098 ha., Alao Lactapamba con 95,010387 ha., S/N con 39,865756 ha., S/N con 29,39725 ha., No Delimitado con 7,902609 ha., San Francisco con 125,564183 ha., presentan área poblada, y tierra agrícola

La amenaza de riesgo medio por intervención antrópica representa una superficie de 138,020959 ha., corresponde al 2,08% del área total de estudio, las comunidades involucradas son: S/N con 0,307899ha., S/N con 5,822587ha., S/N con 5,134091., Daldal con 84,017933 ha., Punguayco con 36,786891 ha., Chugsa con 1,471784 ha., Anguiñay con 1,660771 ha., Anguiñay con 2,819003 ha.

La intervención antrópica con bajo grado de amenaza comprende a una superficie de 5050,302617 ha., corresponde al 75,98% del total de estudio, las comunidades en riesgo son las siguientes: Chimbacalle con 16,831136 ha., San Antonio de Alao con 492,621836 ha., Etén con 739,004653 ha., Apuñag con 12,897342 ha., Melán con 47,762193 ha., Calquis con 6,383604 ha., Shanaicún con 0,350964 ha., Gaunán con 29,564106 ha., S/N con 0,448429 ha., S/N con 0,257296 ha., S/N con 17,695575 ha., S/N con 5,244623 ha., Daldal con 1078,010683 ha., Punguayco con 137,453102 ha., S/N con 12,063416 ha., S/N con 31,480133 ha., Chugsa con 182,250555 ha., Peltetec con 1027,840425 ha., Anguiñay con 324,260182 ha., Shullidis con 538,436063 ha., Alao Lactapamba con 114,912877 ha., No Delimitado con 91,42435 ha., San Francisco con 108,600178 ha.

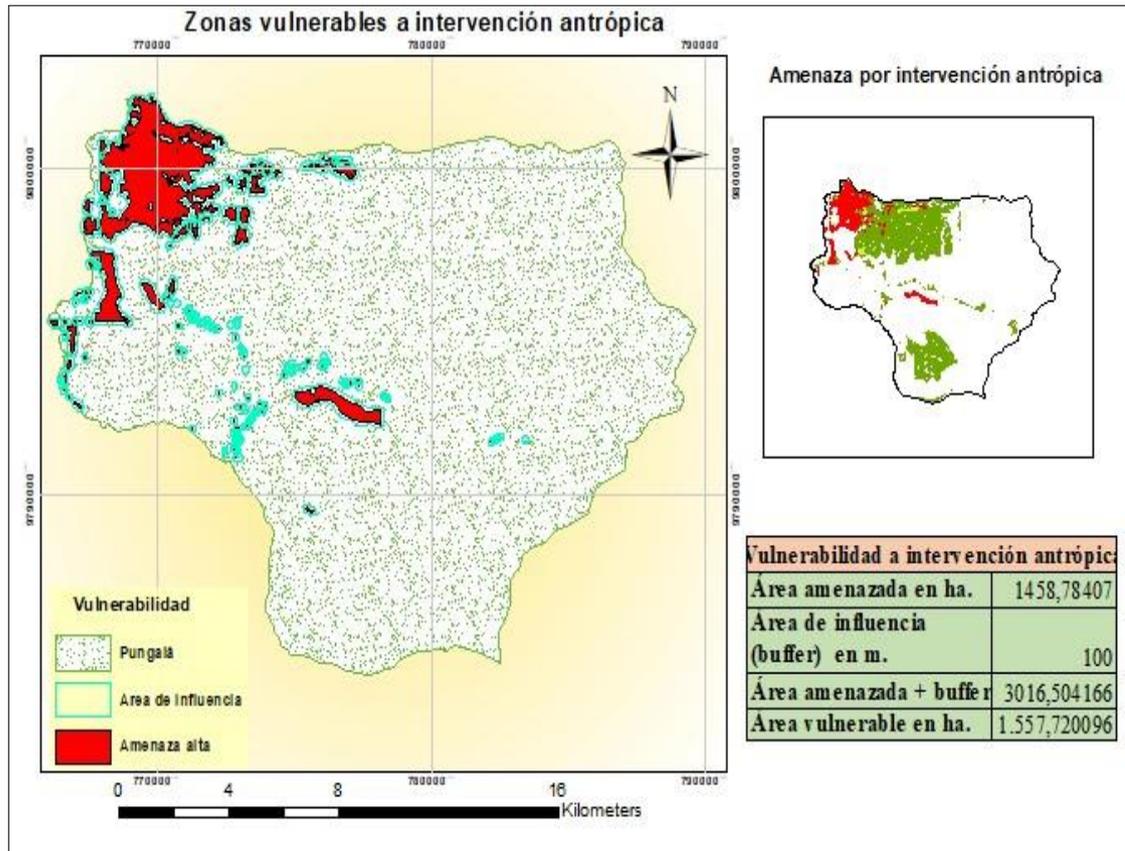


Figura 9-3: Mapa de zonas vulnerables a intervención antrópica
 Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

El efecto de la convergencia de factores naturales y humanos en las zonas con alto potencial de recarga hídrica determina una morfogénesis activa con altos niveles de amenaza geomorfológica.

La intervención antrópica considerada amenaza alta, las condiciones geológicas, el ángulo de inclinación de las pendientes y las precipitaciones. La falta de planificación en áreas pobladas, la práctica indiscriminada de la tala de bosques y la quema de páramos para aumentar áreas de cultivos agrícolas, pastoreo y contaminación ocasiona desequilibrio en las vertientes, suelo, aumento en los procesos hídricos a manera de escurrimiento laminar que atacan amplias superficies, así como también, el desarrollo de sistemas de surcos y cárcavas. El área vulnerable comprende una superficie de 1.557,720096 ha. Alrededor de las áreas amenazadas ya determinadas que afectan las comunidades: Llugshibug, Chimbacalle, San Antonio de Alao, Etén, Apuñag, Melán, Calquis, Shanaicún, Gaunán, Puctus, Daldal, Puninguyco, S/N, Chugsa, Peltetec, Anguiñay, Shullidis, Alao Llactapamba, No Delimitado, San Francisco.

3.1.3. Análisis estadístico de la hipótesis

Para cumplir la hipótesis se planteó la comparación de una muestra tomada del presente estudio con una muestra hipotética por lo que se optó por realizar una prueba t-student para una muestra. Se trabajó con los datos de la recarga hídrica obtenidos durante un lapso de un año, a partir de aquello se realizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk dado que la muestra es <30 datos, se determinó que los datos no siguen una distribución normal y debido a que las pruebas paramétricas son más potentes se procedió a normalizar los datos (gráfico 1-3 y 2-3) de modo que se obtenga una distribución normal supuesto necesario previo a la realización de pruebas paramétricas.

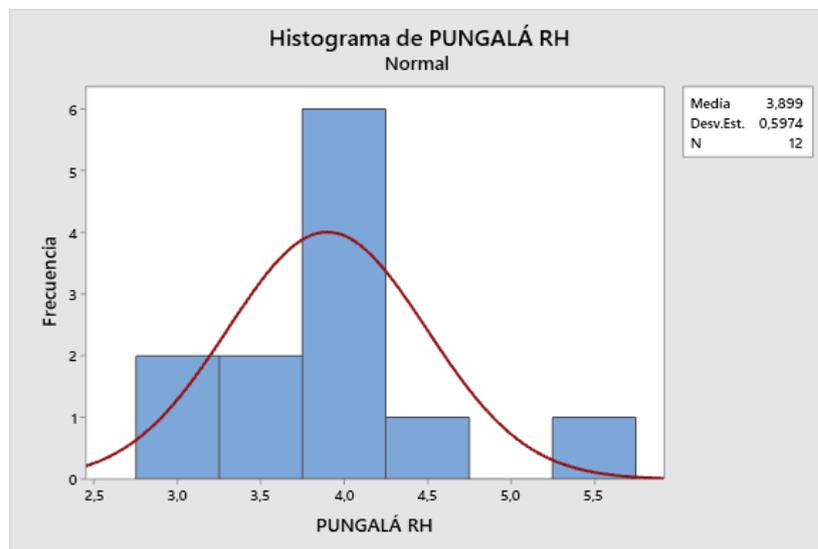


Gráfico 1-3: Histograma de distribución normal ZRHP

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

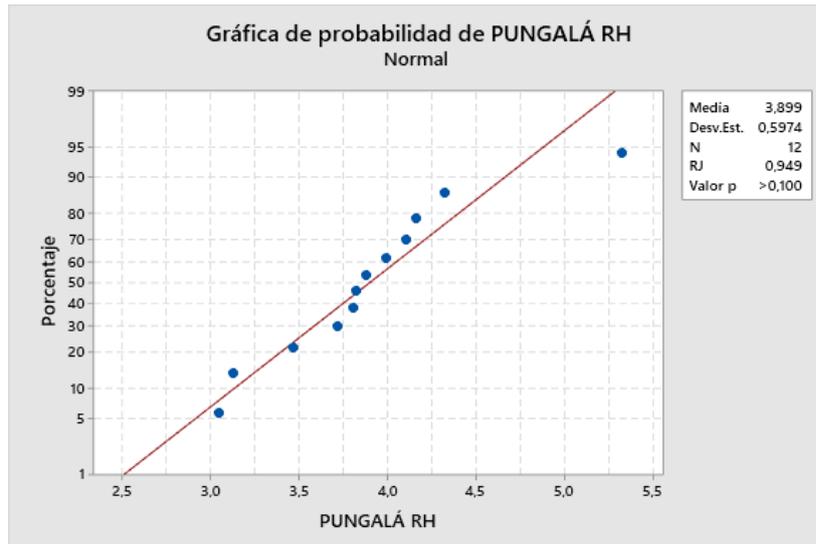


Gráfico 2-3: Prueba de normalidad Minitab, ZRHP

Elaborado por: Aucancela Guanoalema, Verónica, 2021

El criterio de comparación se basa en que las zonas con alto potencial de recarga hídrica se ubican en zonas con formaciones rocosas, topográficamente altas, suelos con altas tasas de infiltración con presencia de una densa cobertura vegetal y altas precipitaciones; es así que se utilizó los resultados del volumen de recarga hídrica mensual durante el lapso de un año que fueron obtenidos (ver tabla 2-3), respecto a la volumen de recarga anual se obtuvo de la revisión de estudios similares como el de (Sánchez et al.,2020.p.4-5), en su estudio de cálculo de recarga hídrica subterránea en La Parroquia Cebadas, la zona de estudio presenta características biofísicos similares y delimita al norte con la parroquia Pungalá, el volumen de recarga anual en esta zona fue de 563,39 mm., siendo la media hipotética. Con la finalidad de conocer la efectividad de uso geo procesamiento para determinar zonas potenciales de recarga hídrica.

La información fue procesada en el software SPSS y se obtuvo como resultado que el análisis estadístico de prueba (t) arrojó un valor de 2,20 y un p valor de 0,274 mayor al nivel de significancia que fue de (0,05), por lo cual se acepta la hipótesis nula, con lo cual se afirma al 95% de confianza que la media hipotética de las zonas con alto potencial de recarga no difiere significativamente de la muestra del presente estudio, con lo que se concluye que el volumen de las zonas de recarga hídrica de Pungalá presentan datos de volumen que se encuentran dentro del rango de estudios similares en zonas con alto potencial del recarga hídrica que deben ser sujetas a acciones de conservación.

3.1.4. Implementación de propuesta de medidas de conservación

Al identificar las zonas con alto potencial de recarga hídrica y su volumen de recarga anual, las amenazas y vulnerabilidades expuestas es necesario implementar medidas de manejo y conservación, esta se basa en recuperar, mantener y conservar las zonas de recarga hídrica y dar un manejo óptimo para el año 2022. La ejecución de la propuesta pretende asegurar la provisión de servicios eco sistémico a las comunidades Tze Tze Nao, Llugshibug y Chimbacalle (pertenecientes también a la parroquia Licto), San Antonio de Alao, Etén, Apuñag, Melán, Calquis, Shanaicún, Gaunán, Puctus, Daidal, Punninguayco, Chugsa, Peltetec, Anguñay, Shullidis, Alo Llactapamba, No Delimitado, S/N y San Francisco de la parroquia Pungalá. Uno de los servicios es el abastecimiento de agua para consumo y riego en producción agrícola ganadera.

3.1.4.1. Análisis de actores involucrados

Tabla 3-3: Actores involucrados en la propuesta de medida y conservación.

Instituciones /organizaciones	Competencia/funciones actividades	Intereses	Potencialidades	Limitaciones
Ministerio del ambiente y del agua del Ecuador (MAAE)	Garantizar la calidad, conservación y sostenibilidad de los recursos naturales, y de los recursos hídricos. <u>Atribuciones:</u> rectoría, planificación, regulación, control y gestión	Socializar la legislación ambiental y sancionar a infractores que atenten contra los RRNN	1. Personal técnicos 2. Tecnología 3. Conocimiento y experiencias 4. Fondos económicos	1. Falta de personal capacitado e interés. 2. Desinterés del Estado Ecuatoriano. 3. Políticas públicas incompletas.
Gobiernos Autónomos Descentralizados	1. Definir la política pública provincial ambiental. 2. Elaborar planes, programas proyecto de forestación y reforestación con fines de conservación. 3. Promover la formación de viveros, huertos semilleros, acopio, conservación y	Elaborar línea base agro socioeconómico del territorio para proyectos de desarrollo provincial.	Fondos económicos necesarios. Apoyo gubernamental	Personal técnico con déficit de conocimiento en la parte ambiental y productiva.

<p>Provincial (GADP)</p>	<p>suministro de semillas certificadas</p> <p>4. Generar normas y sanciones por contaminación y daños ambientales.</p> <p>5. Desarrollar programas de difusión y educación sobre los problemas de cambio climático.</p> <p>6. Establecer incentivos ambientales de incidencia provincial para las actividades productivas sostenibles que se enmarquen en la conservación y protección del ambiente.</p>			
<p>Gobiernos Autónomos Descentralizados Parroquiales Rurales (GADPR)</p>	<p>1.- Preservación de la biodiversidad y protección del ambiente.</p> <p>2.- Protección de las fuentes y cursos de agua; prevención y recuperación de suelos degradados por contaminación, desertificación y erosión.</p> <p>3. Forestación y reforestación con la utilización preferente de especies nativas y adaptadas a la zona.</p> <p>4. Educación ambiental.</p> <p>5. Organización y vigilancia de los derechos ambientales y de la naturaleza.</p>	<p>Velar por el cumplimiento Trabajo participativo en comunión para un mismo beneficio</p>	<p>Recursos técnicos, económicos y equipos técnicos en áreas específicas.</p>	<p>1. Recursos económicos limitados.</p> <p>2. Falta de compromiso e interés de los pobladores involucrados</p>
<p>Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Riobamba</p>	<p>Recolección de desechos inorgánicos para no ser vertidos en ríos, lagos y quebradas, evitar contaminación de suelo, agua y aire</p>	<p>Protección de los recursos hídricos que abastecen las zonas urbanas.</p>	<p>1. Personal técnico.</p> <p>2. Recurso económico</p>	<p>Falta de interés y cooperación por parte los pobladores.</p> <p>Inacceso a los recursos económicos</p>

Comuneros (pobladores que viven en las zonas de recarga hídrica)	1. Consumo eficaz y necesaria de agua en producción agrícola y ganadera. 2. Protección y conservación de ecosistemas	1. Tener conocimiento de conservación 2. Abastecimiento en calidad y cantidad de agua	Posee propiedades o tierras muy productivas. Tiene saberes ancestrales. Recursos humanos	Nivel de educación muy bajo. Falta de tiempo. Bajo en recursos económicos
--	---	--	--	---

Fuente: Facultad de la Autoridad Ambiental Nacional y Facultades Ambientales de los GAD (MAE, 2018).

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

3.1.4.2. Análisis de árbol de problemas

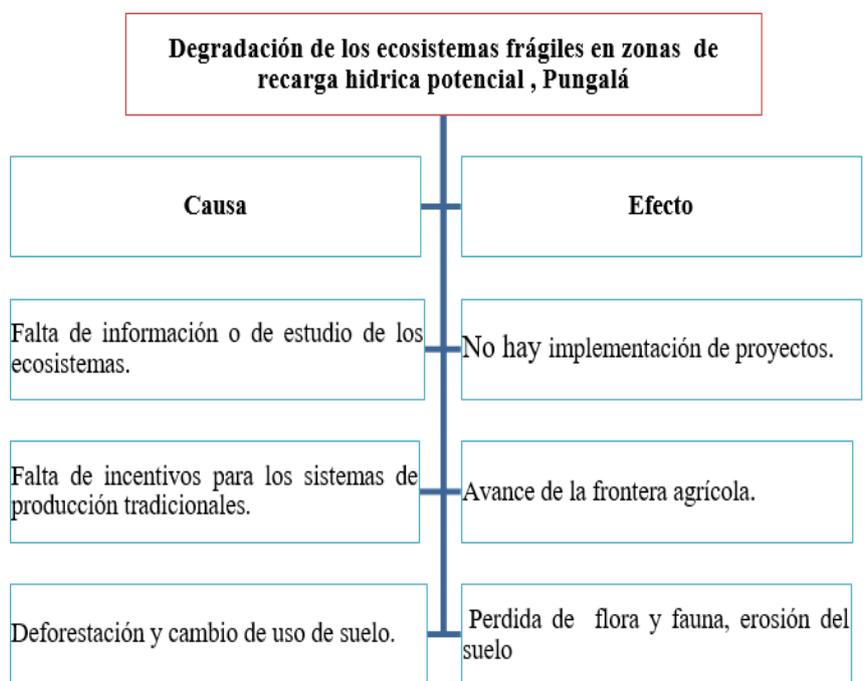


Figura 10-3: Árbol de problemas en zonas potenciales de recarga hídrica

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

3.1.4.3. Análisis de árbol de objetivos y alternativas

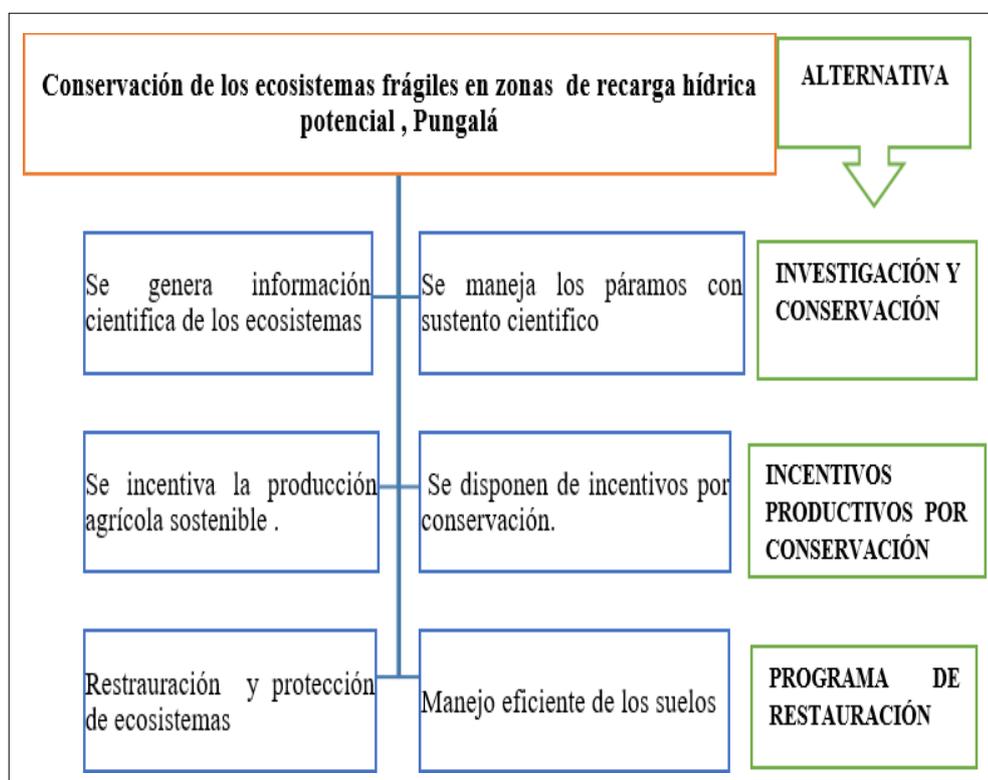


Figura 11-3: Árbol de objetivos y sus alternativas para medidas de conservación

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

3.1.4.4. Análisis de matriz de marco lógico

Tabla 4-3: Matriz de marco lógico, indica las medidas y proyectos a realizar en la propuesta

RESUMEN NARRATIVO DE OBJETIVOS		INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	SUPUESTOS
FIN	Contribuir al manejo y restauración de los ecosistemas frágiles de zonas con alto potencial de recarga hídrica de la subcuenca del río Chambo.	Ejecución de un plan para la conservación de las zonas de recarga hídrica.	Documentos de evaluación del plan	Los GAD's en todos sus niveles coordinan la ejecución del plan.
PROPÓSITO	Conservar y manejar las zonas con alto potencial de recarga	Ejecución de las 3 medidas propuestas para el año 2022.	Informes técnicos de cumplimiento.	Los recursos económicos no

	hídrica de la parroquia Pungalá.			fluyen con normalidad
MEDIDA 1	INVESTIGACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS	Ejecución del proyecto en el año 2022	Informes técnicos de ejecución de la medida de investigación y conservación.	Las comunidades se empoderan en la conservación
Proyecto 1	Ejecutar estudios científicos sobre la valoración económica del recurso hídrico.	Consultoría sobre valoración e importancia económica del recurso hídrico para el año 2022	Informes, facturas	Falta de interés en temas de recursos hídricos
MEDIDAS 2	INCENTIVOS PRODUCTIVOS POR CONSERVACIÓN	Ejecución de tres proyectos en el año 2022	Informes sobre la ejecución de los proyectos, propuestos para el año 2022.	Colaboración y participación de las comunidades involucradas.
Proyecto 1	Caracterización de las zonas y sus sistemas de producción	Se contrata 1 técnico durante 3 meses para la caracterización de las zonas y sus sistemas de producción en el año 2022	Mapas, planos e informes.	El trabajo de equipo técnico fluye con normalidad.
Proyecto 2	Diseño e implementación de producción de sistema agroforestales.	Se implementa 160 ha., con sistemas de producción agroforestales durante el año 2022.	Mapas, planos e informes.	No poseer un título de propiedad del predio a usar.
Proyecto 3	Diseño e implementación de sistema silvopastoriles.	Se implementa 100 ha., con sistemas de producción silvopastoril durante el año 2022.	Facturas, carnet.	Desinterés de los comuneros por los sistemas silvopastoriles
MEDIDAS 3	RESTAURACIÓN AREAS DE INTERÉS HÍDRICO.	Ejecución de 4 proyectos en el año 2022	Informes sobre la ejecución de los proyectos, propuestos para el año 2022.	Falta de interés por parte de los afectados.
Proyecto 1	Caracterización de las áreas y selección del escenario de referencia. Situación actual del área a restaurar (se incluye	Una consultoría de caracterización de las áreas y selección del escenario de referencia. Situación actual del área	Informes de consultoría.	Falta de recursos económicos.

	la línea histórica de degradación) y diseño de plan.	a restaurar en el año 2022		
Proyecto 2	Revegetalización de zonas degradadas	Revegetación en 100 ha durante el año 2022.	Informes técnicos, facturas.	Falta de recursos económicos y personal capacitado.
Proyecto 3	Ejecutar plan de monitoreo, y evaluación del proceso de restauración	Seguimiento y monitoreo a las 100 ha., de revegetación durante el año 2022	Informes técnicos, facturas	Falta de recursos económicos y personal capacitado
Proyecto 4	Educación ambiental.	100 (personas) propietarios capacitados	Fotografías, lista de asistencia, informes, material de evaluación.	Falta de interés por parte de los afectados.

Elaborado por: Aucancela Guanoema, Verónica, 2021

3.1.4.5. Estimación de costos para cada proyecto de las medidas propuestas.

Medida 1. Investigación en conservación recurso hídricos.

Proyecto 1. Ejecutar estudios científicos sobre la valoración económica del recurso hídrico.

El agua nos proporciona un bien y servicio a la humanidad. Siendo un elemento vital para la existencia de todo ser vivo en la tierra, la deficiente disponibilidad de este recurso natural amenaza la calidad de vida de los seres humanos. Por esta razón es sumamente necesario conocer la valoración económica de dicho recurso (equivalente al valor monetario).

Por el Ecuador atraviesa la Cordillera los Andes donde la fuente principal de agua son los páramos, ecosistemas que se ven amenazados por el calentamiento global, por tanto, es necesario poner interés en el financiamiento de proyectos de protección, restauración, compensación por daños, evaluación económica.

De acuerdo con Barrantes (2006: p.5), desde un punto de vista económico los componentes a valorar son tres: “la productividad hídrica del bosque, la recuperación de áreas deforestadas y el agua

como insumo de la producción”, así también la evaluación económica del recurso hídrico supone estimar la oferta y la demanda de agua (presupuesto hídrico) los mismo datos ayudaran al desarrollo y formulación de medidas orientadas a la conservación y uso sostenible del recurso.

Las zonas con alto potencial de recarga hídrica registradas en la parroquia Pungalá que involucran a 21 comunidades, su principal producción es agrícola y agropecuaria por ende la valoración económica del recurso hídrico es esencial, argumentando que valoración en si no se realiza al agua si no a los múltiples servicios y bienes que presta a una población específica. Valoración económica ecológica ambiental hídrico nace con la necesidad mantener los ecosistemas de valor hídrico que nos proveen el recurso en cantidad y calidad. El costo de consultoría se consideró para total de área determinada como potencial de recarga que son 6.647,115297 ha.

Tabla 5-3: Costo de consultoría en temas de recursos hídricos

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Valoración económica (consultoría) de las zonas de recarga hídrica.	1	Unidad	10000,00	10000,00
TOTAL PROYECTO				10000,00

Fuente: Programa bosques andinos, 2020

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Medida 2. Compensación económicos por conservación

La compensación o/e incentivos económicos son cruciales en temas de conservación ya que al propietario de las tierras afectadas retribuye en cierta parte ya se económico o con kit de materiales de insumos para recuperar, conservar las zonas de recargar hídrica, garantiza calidad de vida a los comuneros.

Proyecto 1. Caracterización de las zonas y sus sistemas de producción.

El levantamiento de información actualizada para el año 2022 es una acción de primera instancia, la cual permite conocer la capacidad productiva de una zona específica, permitiendo a la formulación de políticas y programas de conservación, uso de los recursos naturales, el levantamiento, reordenamiento de zonas de producción. En las 21 comunidades el reconocimiento

está enfocado para zonas con producción agrícola y ganadera para poder identificar los proyectos específicos y su factibilidad.

Tabla 6-3: Levantamiento de información actualizada

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Inventario (Técnicos forestales /o agrónomos) sobre los lugares de producción ganadera y agrícola.	1	técnico/ mes	439,71	439,71
Caracterización sobre el tipo de pastura y cultivos agropecuarios existente	1	mes	439,71	439,71
Elaboración mapas e informes técnicos.	1	mes	439,71	439,71
TOTAL DEL PROYECTO				1319,13

Fuente: Ministerio del Trabajo, 2020

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Proyecto 2. Diseño e implementación de sistema de producción agroforestales.

La práctica de combinación cultivos con linderos, cercas y barrera vivas es llamado agroforestería la cual optimiza el uso de suelo y que genera beneficios. En las fuentes y zonas de recarga hídrica, su principal beneficio es la contribución al control de erosión y aporte me materia orgánica al suelo. Los beneficios de interés familiar en sistemas agroforestales de Yaguache (2017,p.35), destacan en:

- *Protección a los cultivos de la influencia de vientos y heladas.*
- *División de propiedades y potreros.*
- *Leña y madera para autoconsumo.*
- *Cosecha de frutos, medicinas y otros productos forestales no maderables.*
- *Aporte de hojarasca al suelo, que significa materia orgánica adicional.*
- *Fijación de nitrógeno por plantas leguminosas.*
- *Protección del suelo de la excesiva evaporación.*
- *Incrementa la diversidad en las propiedades.*

Cuando la agroforestería es de interés de las familias pertenecientes a las 21 comunidades que se encuentran en las zonas de recarga hídrica requieren información, capacitación e incentivos para implementar y manejar este tipo de prácticas. Los incentivos que se requerirán son plantas

forestales nativos, abonos y cercas de protección, protección y manejo. El costo de este proyecto se detalla en el siguiente cuadro, un costo total USD 668,67/1 ha. /1 año, presupuesto de USD 106.987,2/160 ha/1 año donde propietarios de las tierras aporten con la mano de obra.

Tabla 7-3: Diseño e implementación de sistemas de producción agroforestales para 1 ha.

ACTIVIDADES	MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Plantación en linderos, cercas viva, cortinas rompe vientos y cortinas de vegetación contra heladas	Plantas forestales y arbustivas nativas	160	Unidad	0,50	80,00
	Jornales para plantación en días de trabajo	2	Unidad	18,00	36,00
	Roca fosfórica en gramos/planta.	60	Unidad	0,00	3,46
	Transporte de plantas (1 carrera + 1 acémila)	1	Unidad	35,00	35,00
Implementación de cerca temporal para protección de la plantación.	Postes templadores	20	Unidad	2,00	40,00
	Postes intermedios	140	Unidad	1,00	140,00
	Rollos de alambre de 500 metros	1,6	Unidad	49,00	78,40
	Libras de grapas	3,2	Unidad	0,97	3,10
	Jornales para transporte, hoyado y plantado de postes	5,33	Unidad	18,00	96,00
	Jornales para templado de alambre (2 personas en un día).	2	Unidad	18,00	36,00
	Transporte de postes y otros materiales (carrera).	1	Unidad	30,00	30,00
	Acémila para transporte de postes y otros materiales hacia el sitio de la cerca.	1,6	Unidad	23,00	36,80
Manejo del sistema de cultivo	Replante 15 % (número de plantas)	24	Unidad	0,50	12,00
	Roca fosfórica para el replante en gramos/ planta	60	Unidad	0,00036	0,51
	Jornales para replante en días de trabajo	0,3	Unidad	18,00	5,40

	Mantenimiento de la plantación y cercas (limpieza, coronamientos, podas 1 jornal por año por dos momentos	2	Unidad	18,00	36,00
Subtotal por hectárea					668,67
TOTAL PARA 160 HECTAREAS					106.987,2

Fuente: Yaguache, 2017

Elaborado por: Aucancela Guanolesma, Verónica, 2021

Proyecto 3. Diseño e implementación de sistemas de producción silvopastoril

Las comunidades pertenecientes a la parroquia Pungalá y ubicadas en las zonas con alto potencial de recarga hídrica se dedican en su mayoría al cultivo pastizal y producción ganadera. La práctica con plantaciones silvopastoriles es fundamental para mejorar e innovar los sistemas ganaderos; entre las más importantes, se destacan las plantaciones forestales asociados con pastos y los bancos forrajeros, a la vez contribuye con el control de erosión y aporte de materia orgánica aparte de generar otros benéficos como la sombra y forraje complementario para el ganado.

Para motivar a los propietarios al uso de esta práctica, lo que se necesitan es información, capacitación e incentivos para su implementación y manejo de las plantaciones; y el valor de un kit de incentivos en un monto equivalente al costo de oportunidad en retribución por la pérdida de utilidad en las áreas donde se requiera retirar el ganado para el desarrollo de la plantación silvopastoril en 1 año (Yaguache, 2017,p.36).

Como se describe en la siguiente tabla, el costo total de esta acción alcanza los USD 1.006,38/ha/1 año. El presupuesto total es USD 100.682,00/100 ha. /1 año. Correspondiente a todos los materiales, insumos y un kit de incentivos, con excepción de la mano de obra, la cual se considera aporte de los propietarios.

Tabla 8-3: Diseño e implementación de sistemas de producción silvopastoril para 1 ha.

ACTIVIDADES	MATERIALES E INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Plantación forestal asociada con pastos.	Plantas forestales para 9.000 m ² .	250	Plantas	0,5	125,00
	Jornales para plantación en días de trabajo	3,13	Personal	18,00	56,25
	Roca fosfórica en gramos/planta.	60	Gramos	0,00036	5,40

	Transporte de plantas (1 Carrera + 1 acémila).	1	Unidad	35,00	35,00
Plantación para banco de forraje.	Plantas forestales forrajeras para un banco forrajero de 1.000 m ²	667	Plantas	0,25	166,75
	Jornales para siembra de estacas y plántulas	3,33	Unidad	18,00	60,03
Implementación de cerca temporal para protección de la plantación.	Postes templadores.	20	Unidad	2,00	
	Postes intermedios.	140	Unidad	1,00	140,00
	Rollos de alambre de 500 m.	1,6	Unidad	49,00	78,40
	Libras de grapas.	3,2	Libras	0,97	3,10
	Jornales para transporte, hoyado y plantado de postes.	5,33	Personal	18,00	96,00
	Jornales para templado de alambre (2 personas en 1 día).	2	Personal	18,00	36,00
	Transporte de postes y otros materiales (carrera).	1	Unidad	30,00	30,00
Manejo de la plantación.	Acémila para transporte de postes y otros materiales hacia el sitio de la cerca.	1,6	Unidad	23,00	36,80
	Replante 15% (número de plantas).	37,5	Plantas	0,5	18,75
	Roca fosfórica para replante en gramos/planta	60	Gramos	0,00036	0,81
	Jornales para replante en días de trabajo.	0,47	Unidad		18,00
Arriendo temporal para retiro de ganado del área de plantación.	Mantenimiento de la plantación y cercas (limpieza, coronamientos, podas) 1 jornal por año en dos momentos.	1	Personal	18,00	36,00
	Compra de abono o de semillas que se acuerden con cada uno de los propietarios.	1	Unidad	64,53	64,53
Subtotal para 1 hectárea					1006,82
TOTAL PARA 100 HECTÁREAS.					100.682,00

Fuente: Yaguache, 2017

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Medida 3: Restauración áreas de interés de recarga hídrico.

La restauración en zonas con alto potencial de recarga hídrica es primordial, la recuperación completa de las funciones, atributos, condiciones, procesos ecológicos, así como la estructura de la comunidad biótica del ecosistema que han sido dañado, degradado o destruido. La restauración generalmente se hace con especies nativas locales que están adaptadas a las condiciones del medio ambiente donde se van a introducir.

En Pungalá al establecer este tipo de prácticas de restauración se pretende reducir o detener los agentes que han causado la degradación en las áreas a restaurar, permitiendo que suceda el proceso de sucesión ecológica que es la recuperación natural de un ecosistema. se optando por la “regeneración natural asistida”. Teniendo en cuenta lo anterior se propone implementar las siguiente 4 proyectos de acción de recuperación.

Proyecto 1. Caracterización. Situación actual del área a restaurar (se incluye la línea histórica de degradación).

Conocer las causas para llegar a este problema a lo largo del tiempo nos ayuda a enfocarnos en un problema mayor y general para contrarrestar en el presente y el futuro, de acuerdo a este proyecto la estimación de costos es para toda el área determinada como zona con potencial de recarga hídrica.

El costo de consultoría se basó en una convocatoria realizada por La iniciativa 20x20 en Ecuador, donde el presupuesto para realizar una consultoría para identificar las oportunidades de inversión privada en la restauración de bosques y paisajes agropecuarios en Ecuador es de USD 25.000,00 incluyendo todos los costos directos e indirectos, impuestos y viajes. (Helvetas y Condesan, 2020).

A partir de esta información se denominó un costo de USD 8.000,00 ya que el área a realizar la consultoría en nuestra propuesta es muy reducida en comparación a lo mencionado anteriormente.

Tabla 9-3: Costo de consultoría

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Contratación de una consultoría	1	Unidad	8000,00	8000,00
TOTAL PROYECTO				8000,00

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Proyecto 2. Revegetación de zonas degradadas

Este proyecto se enfoca en zonas que disponen de poca vegetación que con lleva a la pérdida en cantidad y calidad de los suelos que provocan las disminución o destrucción del potencial biológico. Esto ocasiona efectos negativos sobre los asentamientos humanos, como deslizamientos de suelos, pérdida de productividad de tierras de cultivo que al pasar el tiempo provoca la pérdida total de la vegetación y abandono de tierras por partes de los pobladores.

La planta en general cumple un rol importante en la prevención o corrección del problema mencionado, sus raíces sujetan el terreno, las hojas amortiguan las caídas de las gotas de lluvia, mejoran la infiltración evitando la escorrentía, mejora las propiedades físicas y químicas y biológicas del suelo, van creando nuevo suelo y amortigua la acción erosiva del viento (Soto, 2003,p.1). Se recomienda plantar árboles forestales y arbustos nativos locales o especies forestales de rápido crecimiento que se adapten y resistan a las condiciones climáticas presentes en el lugar, esto ayuda a generar mejores condiciones para la recuperación de estas zonas.

Por lo tanto, si existe interés alguno por parte de los comuneros involucrados en implementar este proyecto en su predio, puesto que tienen limitaciones para actividades agropecuarias, se deber llegar a un acuerdo para implementar combinaciones distintas especies con las características mencionadas, para lo cual, el propietario recibirá materiales e insumos.

Esta acción que se muestra en la siguiente tabla valoró el costo de USD 694,02/ha/1año y USD 69.402,00/100 ha/1año, correspondiente a todos los materiales e insumos, con excepción de la mano de obra que se considera aporte de los propietarios.

Tabla 10-3: Costo de revegetación en zonas de interés hídrico

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Trazado o marcación (jornales)	2	Personal	14,45	28,90
Rodajea inicial (jornales)	5	Personal	14,45	72,25
Ahoyado	5	Personal	14,45	72,25
Plantas forestales nativos	400	Plantas	0,50	200,00
Distribución de plantas (jornales)	2	Personal	14,45	28,90
Plantación (jornales)	2	Personal	14,45	28,90
Fertilización (jornales)	1	Personal	14,45	14,45

Fertilizante-kg	49	Kilogramo	0,75	36,72
Replante (jornales)+ materiales	2 +80	Personal	14,45 + 0,57	74,50
Rodajea manual (jornales)	5	Personal	14,45	72,25
Aplicación (jornales) + hidrogel (materiales)	2 + 2	Personal	14,45 +18, 0	64,90
Subtotal para 1 hectárea.				694,02
TOTAL PARA 100 HECTÁREAS.				69.402,00

Fuente: Plan Nacional de restauración Forestal 2014-2017, MAE 2014

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Proyecto 3. Monitoreo, seguimiento y evaluación del proceso de restauración.

Para conocer los resultados de una restauración ecológica se requiere de mucho tiempo y de un compromiso a largo plazo (Rey et al., 2009, Moreno et al. , 2012; citados en Ramírez et al., 2015a:p.18).

El monitoreo de un área en proceso de restauración se desarrolla para evaluar en qué medida se están cumpliendo los objetivos y las metas que se plantearon al comienzo del proceso (Yoccoz et al., 2001; citados en Ramírez et al., 2015b:p.28). Para esto se requiere que los proyectos tengan objetivos claros y realistas, metas concretas y un conjunto de indicadores y cuantificadores precisos que permitan medir el avance de la restauración en el tiempo y tomar las decisiones de gestión pertinentes para hacer posibles ajustes en las medidas de restauración que se implementaron (Herrick, 2006; citado en Ramírez et al., 2015).

Esta acción se realizará para las 100 ha., destinadas a restauración, con salidas de campo cada 4 meses esto durante un año, se estima un costo de USD 4458,00, la estimación de costo se realizó con referencia al salario propuesto en el escalafón de servidores públicos sp2 USD 901 y servidores públicos de apoyo spa1 USD 585, según el Ministerio de Trabajo del Ecuador.

Tabla 11-3: Costo de monitoreo, seguimiento y evaluación del proyecto.

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Vigilancia y control (técnicos)	3	mes	901	2.703,00
Rodajea manual	3	mes	585	1.755,00
TOTAL DEL PROYECTO.				4458,00

Fuente: Ministerio de Trabajo del Ecuador, 2021

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

Proyecto 4. Educación ambiental

La educación ambiental es un desarrollo de hábitos a lo largo de la vida que permiten contribuir a la sostenibilidad, a desarrollar una afinidad por el mundo natural, promover una mayor comprensión de los sistemas naturales, físicos y sociales de nuestro mundo, y tiene como propósito motivar a las personas a tomar acción para mejorar el ambiente.

La Educación Ambiental constituye una estrategia para la difusión, sensibilización y capacitación de la ciudadanía; de esta manera apoya y fortalece el concepto de desarrollo sostenible, tomando como base una perspectiva de largo plazo donde ya no se apunta a la explotación de los recursos naturales sino a un manejo adecuado de los mismos, considerando las necesidades de las futuras generaciones. (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2018), la misma que menciona que se debe involucrar a todos los grupos y sectores de la población: niños, jóvenes y adultos. Sensibilizar y educar solo a los niños no basta porque los procesos educativos ambientales trascienden los espacios escolares y los complementan, están presentes en la familia, barrio, instituciones, empresas, colectivos sociales, etc.

La estimación del costo para esta acción alcanza los USD 1728,00 para un grupo de 100 personas, si los pobladores tienen interés por algún proyecto mencionado anteriormente se debe informar, capacitar y dar a conocer la importancia de manejo y conservación de las zonas determinadas como potenciales de recarga hídrica y los posibles efectos negativos de su deterioro, así como sus efectos positivos por conservación.

Tabla 12-3: Costo del proyecto en educación ambiental

ACTIVIDADES	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO (USD)	COSTO TOTAL (USD)
Reunión (comuneros involucrados) para dar a conocer la situación actual y los riesgos sobre la degradación de las zonas de recarga hídrica.	1	Taller	399,00	399,00
Importancia y manejo de los bosques naturales.	1	Taller	399,00	399,00
Importancia de cubierta vegetal (servicio hídrico) y su conservación.	1	Taller	399,00	390,00
Importancia del agua	1	Taller	300,00	300,00
Personal técnico (asistencia)	3	# Visitas	50,00	150,00
Salidas al campo del personal	3	# Salidas	30,00	90,00
TOTAL DEL PROYECTO				1728,00

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

En siguiente tabla de resumen los costos totales cada medida para el manejo y conservación de los ecosistemas frágiles.

Tabla 13-3: Costo total de cada medida propuesta

MEDIDA 1	USD	MEDIDA 2	USD	MEDIDA 3	USD
Proyecto 1	10000,00	Proyecto 1	1319,13	Proyecto 1	8000,00
		Proyecto 2	106.987,2	Proyecto 2	69.402,00
		Proyecto 3	100.682,00	Proyecto 3	4458,00
				Proyecto 4	1728,00
Total	10000,00	Total	208.988,33	Total	83.588,00

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

De acuerdo a la tabla resumen sobre el costo total por cada medida propuesta son elevados como otras medidas propuestas en zonas de interés hídrico. La institución u organización pública o privada interesada en aplicar alguno de los proyectos presentados deben enfocarse en zonas y áreas de su interés y prioridad, cada uno de las medidas propuestas tiene un solo fin contrarrestar el deterioro de las zonas denominadas potenciales de recarga hídrico.

3.2. Discusión

Zonas con alto potencial de recarga hídrica

De acuerdo a esta investigación parroquia Pungalá tiene 6.647,1 hectáreas definidas como zonas con muy alto potencial de recarga hídrica con una evotranspiración potencial media anual de 332,78 mm/año, se ubican al noroeste y centro sur de la parroquia con un promedio anual de recarga de 717,82 mm/, la misma que está relacionada directamente con la textura del suelo, su capacidad de infiltración y escorrentía, cobertura vegetal y su capacidad de retención de lluvia así como su evotranspiración, la frecuencia e intensidad de precipitación, e indirectamente con la pendiente ya que a mayor pendiente menor captación de agua en el suelo. Estos resultados son corroborados por Romero y Proaño (2018), que en su estudio realizado en la microcuenca de Jatunsacha determinaron una evapotranspiración potencial está aproximadamente en 300mm/año con recarga al acuífero de 513,38 mm, así mismo Andrade (2019), en su estudio de recarga potencial en la subcuenca del Rio Chambo determinaron que las zonas de recarga hídrica se ubican al noroeste de la zona de estudio, y en la parte central cercana a los volcanes con presencia de precipitaciones que bordean los 1000 a 1200 mm y un producción de agua de 750 mm/año y 1 000 mm/año, valores que son similares a los destacados en la presente investigación. Así mismo la cobertura vegetal influye de forma directa sobre el suelo, radica en que ésta atenúa la caída de la precipitación impidiendo así la compactación y desintegración de los agregados del suelo, facilitando así la infiltración del agua (FAO, 2013 citado en Andrade, 2019).

Las características de las zonas de mayor potencial de recarga son las formadas por montañas medianas o bajas, así como lomeríos, constituidas por unidades de caliza, andesita- caliza, granito-granodiorita, toba riolítica, lahar- piroclásto o andesita-basalto, principalmente, con suelos como Regosol, Leptosol, Cambisol, Luvisol, Andosol, Umbrisol y Phaeozem cubiertos por bosques, pastizal cultivado y agricultura de temporal en pendientes de 15% - 30% y >30% (Hernández et al. ,2020). De la misma manera Velez, 2005: citado en Masache (2018), menciona que las características que determinan una zona de alta recarga hídrica son encontrarse en áreas de considerable elevación, encontrarse expuestas a elevados regímenes de lluvia, poseer vegetación de alta montaña o de páramo que favorezca la retención del agua, poseer relieves geomorfológicos de alta montaña y tener texturas de suelos pequeños y pendientes pronunciadas que favorezcan la escorrentía superficial en el caso de las zonas de recarga superficial y suelos con texturas más arenosas y pendientes casi planas que favorezcan la recarga subterránea.

En el estudio caracterización de zonas potenciales de recarga acuífera en el Municipio de San Jorge, El Salvador realizado por Chávez et al., (2017), quien uso la metodología del balance hídrico de Schosinsky (2006), aplicando las variables: infiltración por textura de suelo, pendiente y tipo de cobertura vegetal, determinó que la recarga ocurre de manera directa por precipitación donde resultado puede variar en el espacio y tiempo, ya que las características físicas, uso del suelo y la escorrentía pueden provocar una disminución en la recarga esto sucede en el contexto de cuencas. De acuerdo a esto la zona de estudio de la presente investigación se encuentra dentro de la subcuenca del Rio Chambo.

Amenazas y vulnerabilidad

Deslizamiento

Con el objetivo de establecer las zonas amenazadas por deslizamiento en las zonas con alto potencial de recarga hídrica donde se usó las capas de precipitación, pendiente y cobertura vegetal, los resultados reflejan que la amenaza por deslizamiento en categoría media ocupa la mayor superficie de las zonas de recarga seguido de categoría alta y categoría baja. Este resultado es similar al obtenido por Gobierno Municipal del Cantón Riobamba (2020), de acuerdo a su categoría alta cuenta con una superficie de 97,52 km² es decir el 9,76 % de la superficie del Cantón Riobamba, las comunidades y lugares amenazadas son: Moraspamba, Peltectec sector rural se tiene una recurrencia de movimientos de masa, Puninhuayco, Pungalá, Alao (San Antonio, Punin Guaypo, San Antonio), Llactapamba, la amenaza media con superficie de 64,98 km² (6,51%), vía Alao y amenaza baja 4,49 km² (0,45%) Vía Alao.

En el año 1985 los deslizamientos llegaron a causar daños materiales en algunos asentamientos humano y la ocurrencia de este fenómeno es de repotencie anual y afecta en mayor o menor medida a la normal circulación de la población debido al cierre parcial o total de las vías de comunicación terrestres, la ocurrencia de estos eventos afecta a las comunidades: Puninhuayco y Etén es todos los años, Pungalá en 1985 y San Antonio de Alao en el año 2015 (Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá, 2015).

Las amenazas en las áreas de recarga hídrica en el piso bioclimático BsBn04 en la parroquia el Tingo estudio realizado por Guamán (2019), determinó que las zonas altas son susceptibles a

deslizamientos debido que a mayor inclinación del terreno incrementa la posibilidad de ocurrencia de movimientos en masa.

Por ende la mayor vulnerabilidad se encuentra en zonas amenazadas de alto grado las mismas que se encuentran en lugares con pendiente altas y precipitaciones fuertes, resultado similar al de Andrade (2018), quien menciona que las zonas más vulnerables a deslizamiento están en presencia de factores como la pendiente y la precipitación, en el mapa se puede observar un porcentaje de 20% de grado de amenaza.

Erosión hídrica.

Con el objetivo de evaluar la amenaza y su vulnerabilidad a la erosión hídrica que enfrenta las zonas determinadas como potenciales de recarga actualmente, utilizando la herramienta SIG en función de dos variables (textura del suelo + pendiente), se pudo encontrar que el 55,76 % presenta alto grado de amenaza, el 43,01% amenaza en grado medio y amenaza en grado bajo corresponde al 1,23% de la superficie determinada como potenciales de recarga. Estos resultados son corroborados Chitalogro y Llamatumbi (2021), en su estudio determina que la microcuenca del río Chibunga, cabe recalcar que esta microcuenca se encuentra dentro de la subcuenca del río Chambo. Presenta un grado de erosión por acción hídrica predominando las categorías ligera y moderada el cual representa el 30,47% y 46,17% respectivamente para el área de estudio. Estos valores son similares a los valores presente investigación.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente Ortega et al. (2017), menciona que la pendiente, y la textura, intervienen en el proceso de erosión que provoca el agua, como producto de la energía cinética de una partícula de agua sobre partículas de suelo, que al combinar la variable de precipitación, dan como resultado una zonificación del riesgo de erosión hídrica, esta mención es similar al resultado del presente estudio la precipitación supero 1000 mm anuales. Según los datos del Gobierno Municipal del Cantón Riobamba (2020), indica que la parroquia Pungalá está formado por suelos de tipo: Histosol constituidos por material orgánico procedente de una acumulación superficial del mismo; Inceptisol se encuentran en constante evolución mediante técnicas de translocación de materiales o meteorización y por último y en mayor cantidad los suelos Entisol, son considerados como los más jóvenes, por su poco desarrollo, esto se debe a su periodo de formación corto, cuyo origen es aluvial el perfil del suelo va rejuveneciendo. Se debe tomar en cuenta que en las zonas donde se hallan esta superficie están propensas a una constante erosión en pendientes fuertes, por precipitaciones fuertes que provocan la exposición en este proceso

geológico, las precipitaciones juegan un papel importante, ya que las fuertes lluvias provocan la deposición de nuevos materiales parentales como: serpentina, restos mineros y arcillas sulfídicas. De la misma manera Novillo et al. (2018), señala en su estudio de propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas que la alta concentración de arcillas en las primeras profundidades de los suelos cultivados, provoca susceptibilidad a los procesos de erosión hídrica.

La vulnerabilidad se presenta en zonas con alto grado de amenaza con un área de 2.955,896391 ha., las mismas que se encuentran en las partes altas y poca vegetación favorecido por fuertes precipitaciones durante todo el año. El resultado similar al de Antueno (2019, p.156), en su estudio Análisis de Vulnerabilidad hídrica en la cuenca del Valle de Ocotlán indica vulnerabilidad a erosión hídrica en las zonas en correspondencia con el estudio del uso del suelo y coberturas, se concluye que, si bien existe vegetación autóctona dispersa (arbustales y pastizales), no prevalecen importantes zonas forestadas, especialmente en la parte alta de la cuenca, donde se desarrollan las mayores precipitaciones generando grandes escorrentías, enfocada hacia el cálculo de las toneladas de sedimentos que se pierden en la cuenca, se aprecia que la mayor parte de la zona estudiada, casi el 60 %, presenta una pérdida de suelo no tolerable o en el límite de tolerancia.

Intervención antrópica

En todo lugar la presencia del humano y su efecto positivo o negativo es muy evidente, Pungalá es una parroquia rural con grandes potencialidades de producción agropecuaria y turística, por ende, apetecida por las personas. El presente estudio demuestra los efectos negativos que ha causado los asentamientos humanos y sus actividades al largo del tiempo en áreas determinadas como potenciales de recarga hídrica para lo cual se usó mapa base de uso y cobertura de suelo Ministerio del Ambiente del Ecuador (2018). El resultado muestra que las zonas con amenaza de grado alto ocupa un 21,95 % del área total del estudio, se ubican al noroeste centro norte y centro sur de la parroquia esto indica el área poblada y tierra agropecuaria, amenaza de grado medio corresponde al 2,08% de la superficie en estudio indica áreas de plantación forestal y bajo grado de amenaza que corresponde al 75,98% de la superficie perteneciente a lugares con vegetación arbustiva, bosque nativo, vegetación herbácea y páramo, Esto quiere decir que la intervención antrópica deja un efecto negativo así sea en grado bajo. De acuerdo a su acción, efecto, intensidad y tiempo desencadenan problemas ambientales en diferentes zonas tornándoles vulnerables, las mismas que inciden como amenazas. Estos resultados son corroborados por Andrade (2018), quien menciona que el aumento de población, extracciones de recursos naturales sin realizar un manejo forestal sustentable de este recurso natural y sobre pastoreo intensivo, provocan pérdidas de

cobertura vegetal y la capacidad recuperación de suelos. La introducción de especies forestales en los páramos se iniciaron principalmente en busca de una alternativa económica y ambiental, pero como consecuencia de esta política de forestar y reforestar con especies no nativas se presentó una notable disminución de la cobertura natural de los páramos Vargas et al, 2011; citado en Calderón (2019,p.58), esto debido a que las características de esta especies no son favorables para este ecosistema por la cantidad de agua y nutrientes que requieren para su desarrollo (Hofstede et al, 2002; citados en Calderón, 2019). En el estudio Predicción de la condición de conservación de la formación herbazal del páramo en los cantones Riobamba y Colta realizado por Molina (2020), menciona que una de las parroquias menos poblada del cantón Riobamba es Pungalá, por su extensión geográfica y extensión de páramo, la comunidad Peltectec está dentro de la formación herbazal de páramo dentro de esta se encuentra la amenaza a deforestación y susceptibilidad alta a incendios forestales.

Las zonas vulnerables a intervención antrópica son todas las zonas donde haya presencia de humanos ya sea en alta o bajo grado de amenaza, el presente objetivo determina la vulnerabilidad mayor que pertenece a área poblada y tierra agropecuaria donde los efectos causados por el hombre son notables y de mayor preocupación con un área de 1.557,72 ha. Así mismo Morris y Champan, 2019; citados en Calderón (2019), menciona que las afectaciones a la cobertura vegetal causado por los pobladores sumidos en la pobreza que no tienen otra alternativa de mejorar sus ingresos económicos lo que los lleva a verse en la necesidad de utilizar cada vez más los recursos naturales y así poder mantenerse y mantener a sus familias, sin embargo, todo esto crea una espiral descendente de creciente pobreza y degradación de los servicios de los ecosistemas.

De acuerdo a Calderón (2019), el páramo tiene que ser entendido como un ecosistema frágil y biodiverso cuyas características hacen que sea fuente de agua dulce, de la que dependen directa e indirectamente la población. En este tipo de ecosistemas hay varios asentamientos humanos de pueblos indígenas para quienes es fundamentalmente un medio de producción sin embargo es conocido por ser un espacio de vida marginado en las políticas de desarrollo y en la legislación por lo que cada vez está más amenazado Morales & Rivadeneira (2011), de igual manera Calderón (2019), indica que la desaparición o deterioro como la protección y conservación de un ecosistema se asocia de forma directa a políticas públicas. Es decir, mediante políticas o la falta de ellas en ocasiones es el mismo estado el que promueve la destrucción de los ecosistemas.

Medidas de conservación

El presente objetivo propone establecer 3 medidas de conservación para las amenazas con alto grado de deslizamiento, erosión hídrica e intervención antrópica que causan el deterioro de los ecosistemas dentro de las zonas determinadas con muy alto potenciales de recarga hídrica en la parroquia Pungalá, la misma que se elaboró con la metodología del Marco Lógico. Como resultados después de encontrar el problema central y sus causas se propuso las siguientes medidas de acción: investigación y conservación, compensación económica por conservación y restauración. Esto quiere decir que realizar investigaciones o estudios científicos en áreas de interés hídrico nos ayuda a formular políticas públicas acertadas y cumplimiento de las mismas con una clara idea del tipo de manejo, protección y conservación de los ecosistemas que se encuentran presentes ahí, por ende, los beneficios y servicios que brinden serán de calidad y cantidad necesaria para los habitantes de dichos lugares y población en general. Frente a lo mencionado se rechaza la hipótesis nula, y se acepta la hipótesis alternante, donde se refiere a la implementación de medidas de conservación concertadas con los actores locales SI asegura la provisión de servicios eco sistémicos de las zonas con alto potencial de recarga hídrica en la parroquia Pungalá.

Los mismos resultados son corroborados por Dourojeanni (2009), en Latinoamérica se formulan leyes de agua luego de más de 30 a 40 años de promulgadas, en algunos países ya han sido aprobadas y otras en debate como la del Ecuador. La formulación, efectividad y cumplimiento de estas leyes van de la mano con los avances en la Ciencia y la Tecnología que se han producido en el último medio siglo permitiendo resolver muchos de los problemas relacionados con conflictos hídricos, las mismas que contribuyen a una gestión integrada del agua en el sentido más completo del término pues tiene en cuenta conjuntamente no solo aguas superficiales y subterráneas, sino su uso en la producción agropecuaria (Aldaya et al., 2008). En resumen, los estudios o investigaciones científicos contribuyen a una gestión integrada de los recursos hídrico

Según Barrantes (2006), plantea tres razones básicas para conservar los ecosistemas naturales. La primera es ecológica: hay que preservar ecosistemas para el mantenimiento equilibrado de funciones vitales para la vida de las especies, incluyendo al ser humano. La otra es económica, o más ampliamente, socioeconómica, por el sostén que estos brindan en términos de materias primas para procesos de producción o en términos de bienes y servicios para el consumo. Una tercera razón, no menos importante que las anteriores, es ética, por el compromiso intrínseco que tiene el ser humano con la naturaleza, de respetar toda forma de vida. Esa responsabilidad implica,

necesariamente, un aprovechamiento que responda a la satisfacción de necesidades básicas para la sobre vivencia de la especie humana, sin atentar con la sobre vivencia de las demás especies en los ecosistemas.

En el Ecuador, a nivel nacional existen varias iniciativas municipales para protección de las áreas de regulación de agua para consumo humano. Algunos crearon tasas retributivas por servicios ambientales o por protección de microcuencas mediante ordenanzas municipales. Todos los usuarios de agua de consumo humano de las ciudades donde funcionan estas iniciativas, pagan entre 1 y 7 centavos de dólar adicionales por cada metro cúbico consumido, cuyo dinero es administrado por la municipalidad y por fondos locales/regionales de agua, para luego ser invertido en las áreas de interés hídrico mediante acuerdos con los propietarios; en algunos casos se paga una compensación en efectivo, en otros se entregan incentivos no económicos o se ejecutan programas y proyectos con las comunidades (Yaguache, 2017).

De acuerdo a lo mencionado anteriormente un área rural de 28,44 km² perteneciente a la parroquia Pungalá se encuentra dentro del Parque Nacional Sangay declarado Patrimonio Natural de la Humanidad por la UNESCO en 1983 que corresponde al 6% de la superficie total. Así mismo la asociación de trabajadores agrícolas de la comunidad Alao Lactapamba con un área de 1,98 km² tiene convenio con el programa socio bosque, que a través de los convenios de conservación que se suscriben con el Estado Ecuatoriano se protejan páramos. Los beneficiarios de este programa podrán mejorar sus condiciones de conservación, además de invertir en actividades productivas acorde a sus necesidades (Gobierno Municipal del Cantón Riobamba, 2020,p. 69-71).

En tal sentido, bajo lo referido anteriormente y analizar todos los resultados obtenidos confirmamos que las medidas de conservación y su aplicación en zonas con alto potencial de garantiza el aporte de servicio eco sistémico en cantidad y calidad para los pobladores de dicha zona, a corto y largo plazo permitiendo el desarrollo a nivel local y regional del País.

CONCLUSIONES

- En esta investigación se determinó las zonas con alto potencial de recarga hídrica, en su mayoría se ubican al noroeste, centro norte y centro sur de la parroquia, en una área de 6.647,115297 hectáreas su volumen de recarga de 717,82 mm/año, presentan características peculiares las como pendientes medianas, altas y muy altas con presencia de suelo arenosos, francos y limosos, con precipitaciones que van de 803 a 1210 mm anuales de acuerdo a estas características son fuentes de almacenamiento de agua. Por sus grandes volúmenes de recarga de agua, suelos fértiles y ricos en nutrientes, vegetación nativa y páramos son apetecidas por el hombre. La producción agropecuaria pequeña o gran escala es durante todo el año. Estos asentamientos humanos a lo largo del tiempo causan el deterioro y repercuten en el correcto funcionamiento de los ecosistemas naturales presentes y de vital importancia para los residentes locales, así como a nivel regional.
- La amenaza con alto grado que vuelven vulnerables a zonas determinadas con alto potencial de recarga hídrica es la erosión hídrica esto debido al manejo deficiente e inadecuado de los recursos realizado por el hombre, que a su vez desencadena desastres naturales como el movimiento de masas, a causa de un cambio radical en la cobertura vegetal por la transición de páramos a pastos cultivados, cultivos de ciclo corto y plantaciones forestales. La producción agropecuaria provoca el avance de la frontera agrícola destruyendo la vegetación natural y deja descubierto el suelo que con la acción de fuerte precipitaciones y pendientes altas provocan la erosión hídrica del suelo y deslizamientos. Agravando la situación económica de las familias que ahí habitan, por ende, deciden avanzar aparte más altas de las montañas para encontrar suelos fértiles agua y pasto destruyendo aún más los páramos. Formando una de problemas cada vez más fuerte.
- Se propuso medidas de manejo y conservación para el año 2022. Se pretende recuperar los ecosistemas degradados con un manejo adecuado y conservar los recursos hídricos la zona de estudio. Los costos de las medidas van de acuerdo al tipo de proyecto, área y duración de la misma. La medida 1 es realizar investigaciones en áreas de interés hídrico, tiene un costo de USD 10.000,00 cuyo objetivo realizar estudios científicos para obtener información actual, clara y completa que permita en un futuro implementar proyectos de conservación, protección y aprovechamiento del recurso, medida 2 es compensación económicos por conservación, consisten en compensar a los usuarios de tierras por cambiar o implementar sistemas de producción adecuados y necesarios para recuperar y conservar estos ecosistemas se estimó un

costó de USD 208.988,33 y medida 3 restauración con el objetivo recuperar los suelos y por ende conservar la flora y fauna el mismo que tiene un costo de USD 83.588,00.

- La media hipotética correspondiente a un estudio similar no difiere significativamente al presente estudio por lo que las zonas con característica biofísicos como formaciones rocosas, zonas topográficamente altas, suelos con altas tasas de infiltración con presencia de una densa cobertura vegetal, altas precipitaciones y presencia de pendientes de medias a bajas delimitan zonas con alta recarga, por ende, la utilización del geo procesamiento en el presente trabajo es importante debido a su amplia información y herramientas para procesar datos satelitales de forma rápida y precisa.

RECOMENDACIONES

- En un próximo estudio se recomienda utilizar la misma metodología de balance hídrico de suelo propuesto por Schosinky para el cálculo de volumen de recarga en las zonas con alto, medio y bajo potencial con el fin de obtener un volumen de almacenamiento global para la parroquia Pungalá y reducir el índice de error existente por la aplicación de diferentes metodologías.
- Difundir la metodología de SIG aplicada a los GAD's, para su uso en los programas de ordenamiento territorial y gestión de riesgos.
- Para validar los resultados encontrados en esta investigación respecto al volumen de recarga se recomienda utilizar datos de precipitación, temperatura y evaporación de estaciones meteorológicas cercanas a la zona de estudio, ya que en el presente estudio se tomó datos de la plataforma worldClim.
- Realizar investigaciones que consideren otras amenazas de la zona de estudio como: incendios, sequias, heladas, a fin de disponer de una base de datos integral de las amenazas, vulnerabilidades y riesgos de la zona y poder emprender a base de ellas una gestión integral de riesgos.

PRESUPUESTO

Tabla 14-3: Presupuesto estimado para el desarrollo de la presente investigación.

Concepto	Detalle	Costo unitario USD	Costo Total USD
Internet	Mensual	25,00	150,00
Computadora	1, CORE i7 8th Gen	1250,00	1250,00
Impresiones	180 hojas/ color	0,20	36,00
Total			1.406,00

Elaborado por: Aucancela Guanolema, Verónica, 2021

BIBLIOGRAFÍA

ABDALLA, F. "Mapping of groundwater prospective zones using remote sensing and GIS techniques: A case study from the Central Eastern Desert, Egypt". *Journal of African Earth Sciences* [en línea], 2012,(Egipto) 70(s.n), pp. 8-17. [Consulta: 28 mayo 2021]. ISSN 1464343X. DOI 10.1016/j.jafrearsci.2012.05.003. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2012.05.003>

ABRIL ABRIL, Alexandra Lorena. Estudio e implementación de un modelo para la zonificación de áreas susceptibles a deslizamiento mediante el uso de sistemas de información geográfica: caso de estudio sector Quimsacocha [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría), Universidad de Cuenca, Ecuador. 2011. [Consulta: 2021-01-28]. Disponible en: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/739>

AGUIRRE, Z. *Biodiversidad Ecuatoriana... estrategias, herramientas e instrumentos para su manejo y conservación* [en línea]. Universidad Nacional de Loja- Ecuador. 2018. [Consulta: 12 diciembre 2020]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Zhofre-Aguirre/publication/329216867_BIODIVERSIDAD_ECUATORIANAESTRATEGIAS_HERRAMIENTAS_E_INSTRUMENTOS_PARA_SU_MANEJO_Y_CONSERVACION/links/5bfd44e0a6fdcc35428b83f2/BIODIVERSIDAD-ECUATORIANAESTRATEGIAS-HERRAMIENTAS-E-INS.

ALDAYA, Maite; et al. "Importancia del conocimiento de la huella hidrológica para la política española del agua". *Encuentros multidisciplinares* [en línea], 2008,(España) 29(s.n), pp. 12. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: https://repositorio.uam.es/bitstream/handle/10486/679458/EM_29_2.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

ALDUNATE, E. & CÓRDOBA, J. *Formulación de programas con la metodología del marco lógico*. [en línea]. Santiago de Chile: Instituto Latinoamericano y del Caribe de Planificación Económico y Social (ILPES), 2011. [Consulta: 05 febrero 2021]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/5507/S1100211_es.pdf

ANAYA MELÉNDEZ, W; et al. Caracterización hidrogeológica del municipio de San Sebastián Salitrillo Santa Ana, San Salvador [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad de El Salvador. Facultad de Ingeniería y Arquitectura. El Salvador. 2017. (Consulta: 2021-07-10). Disponible en: <https://docplayer.es/80234621-Caracterizacion-hidrogeologica-del-municipio-de-san-sebastian-salitrillo-santa-ana.html>

ANDRADE DÁVILA, Danny Hernán. Identificación de las amenazas en el área de recarga hídrica de mayor importancia en el piso bioclimático (bsmn03) en la parroquia el Tingo Cantón Pujilí, provincia de Cotopaxi, 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica De Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Cotopaxi, Ecuador. 2019. [Consulta: 2021-02-15]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>

ANDRADE VALDOSPINOS, Amalia Francisca. Recarga otencial del acuífero de la sub-cuenca del río Chambo bajo una perspectiva de la hidrología física [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Escuela Politécnica Nacional, Facultad De Ingeniería Civil y Ambiental, Quito, Ecuador. 2019. p. 69. [Consulta: 2021-06-01]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21034>

ANGELLA, G; et al. “Conceptos Basicos de la relacion agua-suelo-planta”. [en línea], 2016 ,(Argentina) 53(9), pp. 27-28. [Consulta: 28 diciembre 2020]. ISSN 1850- 4086. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta-_conceptos_basicos_de_las_relaciones_agua_suelo_planta.pdf

ANTUENO, L. Análisis de Vulnerabilidad hídrica en la cuenca del Valle de Ctlamochita [en línea]. (Trabjo de tutulación). (Maestría) Universidad Nacional de la Plata, Buenos Aires, Argentina. 2019. pp 156. [Consulta: 2021-03-03]. Disponible en: <https://doi.org/10.35537/10915/78532>

BARRANTES, G. “ Valoración económica de la oferta de agua como un servicio ambiental estratégico”. *Libro Ecological Studies* [en línea], 2006,(Springer--Verlag Berlin Heidelberg) vol. 185, pp.5. [Consulta: 26 mayo 2021]. Disponible en: http://www.oas.org/es/sedi/dsd/ELPG/Cursos/PSA/Trifinio/Documentos/modulo2_8.pdf.

BARRENO COLINDRES, Indira Ixquic. Comparación de metodologías para identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca del río Agua Tibia, Zona 24, Guatemala. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de San Carlos, Guatemala. 2016. pp. 28. [Consulta: 2021-01-10]. Disponible en: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/5939>

BELTRÁN OBANDO, Erick Santiago, & JARAMILLO IDROBO, Joel Andres. Valoración económica ambiental del recurso hídrico y diseño de una propuesta para pago por servicio hídrico en la microcuenca “shucos” del canton Loja” [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional De Loja, Ecuador. 2007. [Consulta: 2021-04-05]. Disponible en: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/5855/1/VALORACION%20ECONOMIC%20AMBIENTAL%20DEL%20RECURSO%20HIDRICO.pdf>

BORJA BUATISTA, Gisell Alejandra. Plan de desarrollo turístico para la parroquia Pungalá del Cantón Riobamba, provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Ecuador. 2015. pp. 36. [Consulta:2021-07-15]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/4226/1/23T0461.pdf>

BUYTAERT, W; et al. “Human impact on the hydrology of the Andean páramos”. *Earth-Science Reviews* [en línea], 2006 (Ecuador) 79(1-2), pp. 53-72. [Consulta: 04 mayo 2021]. ISSN 00128252. DOI 10.1016/j.earscirev.2006.06.002. Disponible en: http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/22050/1/scopus_171.pdf

CABRERA GONZALEZ, Rogelio. Prácticas Básicas en el Uso y Manejo del Agua [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Autónoma Agraria «Antonio Narro»,Coahuila, Mexico. 1999.pp. 29-31. [Consulta: 202-05-01]. Disponible en: http://repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/5460/T10142_CABRERA_GONZALEZ,ROGELIO_TESIS.pdf?sequence=1.

CALDERÓN CASTILLO, Janina Lizbeth. La presión antrópica y sus consecuencias en el páramo del cantón Guamote provincia de Chimborazo [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, Ecuador. 2019. pp.55. [Consulta: 04 junio 2021]. Disponible en: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17617/La presión antrópica y sus consecuencias en el páramo del cantón Guamote.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/17617/La%20presión%20antrópica%20y%20sus%20consecuencias%20en%20el%20páramo%20del%20cantón%20Guamote.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

CALERO PÉREZ, Pablo Andrés. Aplicación del modelo U.S.L.E para la determinación de la pérdida de suelo por procesos erosivos en los páramos de la zona noroccidental del volcán Casahuala, provincia de Tungurahua, Ecuador [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador. 2017. pp.46-47. [Consulta: 2021-05-18]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/14101>

CAMPAÑA, F. Aplicación del modelo Rusle para el cálculo de erosión hídrica en la microcuenca del río Perlaví [en línea] (Trabajo de Titulación). (Ingeniería) Universidad Central Del Ecuador, Facultad De Ciencias Agrícolas, Escuela De Ingeniería Agronómica. Quito, Ecuador. 2015. s.p. [Consulta: 2021-05-18]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/5225/1/T-UCE-0004-36.pdf>

CARTAYA, Scarlet; et al. “Validación de la técnica compensatoria aditiva para la ponderación de variables que intervienen en la génesis de procesos de remoción en masa”. *Sapiens* [en línea], 2010, (Venezuela) 11(1), pp. 13-30. [Consulta: 28 mayo 2021]. ISSN 1317-5815. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Documents/documentos para sustentar/objetivo2/41021794002.pdf>.

CHÁVEZ, José; et al. Caracterización de zonas potenciales de recarga acuífera en el Municipio de San Jorge, San Miguel, El Salvador [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad de El Salvador, San Vicente, El Salvador. 2017. pp. 1-62. [Consulta: 2021-04-08]. Disponible en: <http://ri.ues.edu.sv/id/eprint/15044/>

CHITALOGRO YÁNEZ, Viviana Anbel, & LLAMATUMBI PAILLACHO, Evelyn Thalia., 2021. Aplicación del modelo USLE para estimar cuantitativamente la erosión hídrica en la microcuenca del Río Chibunga [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Nacional De Chimborazo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Ambiental, Riobamba, Ecuador. 2021. pp. 57. [Consulta: 2021-06-03]. Disponible en: http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/7411/6/Tesis_Chitalogro%20V_%20Llamatumbi%20E_.pdf

COA. Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983* [en línea], 2017. pp. 11. [Consulta: 06 mayo 2021] Disponible en: https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/01/CODIGO_ORGANICO_AMBIENTE.pdf

CUESTA, F; et al. *Avances en investigación para la conservación de los páramos andinos, CONDESAN* [en línea]. Ecuador: s.n. 2014. [Consulta: 15 enero 2021]. ISBN 978-612-45881-5-0. Disponible en: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.1031.4938&rep=rep1&type=pdf>

CUNALATA RUGEL, Cristian Geovanny, & INGA CÓNDOR, Carlos Patricio. *Cuantificación de Carbono Total Almacenado en Suelos de Páramos en las Comunidades Shobol – Chimborazo* [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Ciencias Químicas, San Juan, Chimborazo, Ecuador. 2012. [Consulta: 2021-02-07]. Disponible en: <http://dspace.espech.edu.ec/bitstream/123456789/2012/1/236T0065.pdf>

DOUROJEANNI, A. “Los desafíos de la gestión integrada de cuencas y recursos hídricos en América Latina y el Caribe”. *Desarrollo Local Sostenible* [en línea], 2009, (Santiago de Chile) 3(8), pp. 1-13. [Consulta: 08 junio 2021]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3240271>

Constitución de la República del Ecuador. *Ley orgánica de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua* [en línea], 2015. Ecuador: s.n. [Consulta: 06 julio 2021]. Disponible en: https://www.etapa.net.ec/Portals/0/TRANSPARENCIA/Literal-a2/LEY-ORGANICA-DE-RECURSOS-HIDRICOS_-USOS-Y-APROVECHAMIENTO-DEL-AGUA.pdf

Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Rural de Pungalá. Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá. *Journal of Chemical Information and Modeling* [en línea]. Riobamba. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826440001_PDOT_GADPR_PUNGALA_27-10-2015_08-33-18.pdf

Gobierno Municipal Del Cantón Riobamba. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba* [en línea]. Ecuador: Municipio de Riobamba, 2020. pp. 23-71. [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/plan-pdyot-2020-2030>

Gobierno Municipal Del Cantón Riobamba. *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Cantón Riobamba 2015-2030* [en línea]. Ecuador: Municipio de Riobamba, 2019. [Consulta: 02 abril 2021]. Riobamba: Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga>

GONZÁLEZ BAHEZA, Arturo. Modelo de riesgo-vulnerabilidad integral por amenazas clave asociadas a cambio climático en zonas costeras de Baja California Sur [en línea]. S.l.: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA SUR. (Trabajo de titulación). (Doctoral) Universidad Autónoma De Baja California Sur, Mexico. 2017.pp. 1-3. [Consulta: 2021-04-20]. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Arturo-Gonzalez-Baheza/publication/321347254_MODELO_DE_RIESGO-VULNERABILIDAD_INTEGRAL_POR_AMENAZAS_CLAVE_ASOCIADAS_A_CAMBIO_CLIMATICO_EN_ZONAS_COSTERAS_DE_BAJA_CALIFORNIA_SUR/links/5a1e22330f7e9b9d5effc9fb/MODELO-DE-RIESGO-VULNERABILIDAD-INTEGRAL-POR-AMENAZAS-CLAVE-ASOCIADAS-A-CAMBIO-CLIMATICO-EN-ZONAS-COSTERAS-DE-BAJA-CALIFORNIA-SUR.pdf

GUAMÁN AGUALONGO, Washington Andrés. Identificación de las amenazas en las áreas de recarga hídrica de mayor importancia en el piso bioclimático BsBn04 en la parroquia el Tingo Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi, 2018 [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica De Cotopaxi. Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales. Cotopaxi, Ecuador. 2019. s.n. [Consulta: 2021-06-01]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/5898/6/PC-000634.pdf>

GUTIERREZ NINAHUAMAN, Cesar Vidal. *Calculo de evapotranspiración potencial con ArcGIS 10.x Parte 1 de 3* [video]. 2017. Disponible en: https://www.youtube.com/watch?v=04owK_00RDI&t=203s.

HELVETAS & CONDESAN. Términos de Referencia Identificación de oportunidades de inversión privada en la restauración de bosques y paisajes agropecuarios en Ecuador. *Programa de Bosques Andinos*, [en línea], 2020. pp.1-2. [Consulta: 21 mayo 2021]. Disponible en: http://www.bosquesandinos.org/wp-content/uploads/2020/08/TdR-WRI-PBA-_Ecuador_final.pdf

HERNÁNDEZ, Rodrigo; et al. “Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la cuenca del río Ayuquila-Armería mediante el uso de SIG y el análisis multicriterio”. *Scielo* [en línea], 2020, (México)(101), pp. 11-13. [Consulta: 06 mayo 2021]. ISSN: 2448-7279 DOI dx.doi.org/10.14350/rig.59892. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/pdf/igeo/n101/2448-7279-igeo-101-e59892.pdf>

IGM. Instituto Geográfico Militar [en línea], 1991. [Consulta: 22 junio 2021]. Disponible en: <http://www.igm.gob.ec/work/files/cartabase/CATALOGO50.htm>

IUSS WORKING GROUP. *Base referencial mundial del recurso suelo 2014 Sistema internacional de clasificación de suelos.* Actualización 2015 [en línea]. 3era ed. Roma: International Union of Soil Sciences-World Reference Base for Soil Resources- FAO, 2015. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.iec.cat/mapasols/DocuInteres/PDF/Llibre59.pdf>

JARAMILLO LOAYZA, Marelys Lizbeth, & MERCHÁN ROSERO, Tatiana Lisseth. Evaluación de las zonas de recarga hídrica en relación a las formaciones vegetales en la parroquia Angochagua [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Universidad Técnica Del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias y Ambientales, Escuela de Ingeniería en Recursos Naturales Renovables, Ecuador. 2018. pp. 4-9. [Consulta: 2021-05-04]. Disponible en: http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8654/1/03_RNR_294_TRABAJO_DE_GRADO.pdf

Junta de Andalucía. *Medioambiente.* Pendiente del terreno [blog]. España: JUNTA DE ANDALUCIA, Consejería del Medio Ambiente, 2015. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/documentos_tecnicos/hydre/5.4.4.1.2.pdf

LARA, Norma; et al. “Identificación de zonas potenciales de recarga y descarga de agua subterránea en la subcuenca del Río Chambo mediante los sistemas de información geográfica y el análisis multicriterio”. *Polo del Conocimiento*, 2021,(Ecuador)6(6), pp. 122-148. DOI 10.23857/pc.v6i6.2745.

LLAMBÍ, Luis et al. Páramos Andinos Ecología , hidrología y suelos de páramos. [en línea]. 2012. pp. 98. ISBN 9789942115492. [Consulta:07 diciembre 2021]. Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56479.pdf>

MADEREY, Laura; & JIMENEZ, Arturo. *Principios de Hidrogeografía, Estudio del Ciclo Hidrológico* [en línea]. México. Geografía para el siglo XXI, 2005. ISBN 970- 32-2812-7. [Consulta:10 noviembre 2020]. Disponible en: https://www.academia.edu/9554226/Principios_de_hidrogeografia_estudio_del_ciclo_hidrológico_2005_Laura_Elena_Maderey_Rascón.

MALDONADO CÁCERES, Humberto Ismael. *Identificación de áreas críticas de recarga hídrica natural en la microcuenca del río Turbala, parte alta de la cuenca del río Naranjo.* [en línea]. s.n. Guatemala: CONSEJO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA - CONCYTSECRETARIA NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA -SENACYTFONDO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGIA –FONACYTCENTRO UNIVERSITARIO DE SAN MARCOS, 2018. [Consulta: 07 julio 2021]. Disponible en: <https://fondo.senacyt.gob.gt/portal/images/yootheme/44-2017.pdf>

MASACHE POVEDA, Roberto Alejandro. Priorización de zonas de recarga hídrica al sur occidente del Parque Nacional Cayambe-Coca para abastecimiento del Distrito Metropolitano de Quito. [en línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Pontificia Universidad Católica Del Ecuador, Quito, Ecuador. 2018. pp. 20. [Consulta: 11 mayo 2021]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/15289/PRIORIZACION%20DE%20ZONAS%20DE%20RECARGA%20HIDRICA%20AL%20SUROCCIDENTE%20DEL%20PNCC%20Y%20SU%20RELACION%20CON%20EL%20DMQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MATUS, Oscar; et al. “Guía para la identificación participativa de zonas con potencial de recarga hídrica: Aplicación práctica en la subcuenca del río Jucuapa, Nicaragua”. *Asdi- CATIE*. [en línea], 2009 (Costa Rica) 1(38), pp. 1-29. [Consulta: 09 noviembre 2020]. Disponible en: <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/REN10M433.pdf>

MENA, Patricio; & HOFSTEDE, Robert. “Los páramos ecuatorianos”. *Botánica Económica de los Andes Centrales* [en línea], 2006, (Bolivia) 91(109). pp.1-19. [Consulta: 15 noviembre 2020]. pp. 92. Disponible en: http://www.beisa.dk/Publications/BEISA_Book_pdf/Capitulo_06.pdf

Ministerio de Agricultura Ganadería Acuicultura y Pesca (MAGAP). Archivos de Información Geográfica - Sistema Nacional de Información. Cobertura vegetal. [en línea], 1990. [Consulta: 15 abril 2021]. Disponible en: <https://sni.gob.ec/coberturas>

Ministerio de Trabajo. Escala de remuneración salarial del sector público. [en línea], 2021. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: <https://informacionecuador.com/escala-de-remuneracion-sector-publico-ecuador-tabla-de-sueldos-2017/>

Ministerio de Trabajo. Sueldos, salarios mínimos sectoriales y tarifas para el sector privado por ramas de actividad, que abarcan las diferentes comisiones sectoriales. *Taxfincorp cía. Ltda.* [en línea], 2020. [Consulta: 28 mayo 2021]. Disponible en: https://www.tfc.com.ec/uploads/noticia/adjunto/641/SUELDOS_SALARIOS_MÍNIMOS_SECTORIALES_Y_TARIFAS_PARA_EL_SECTOR_PRIVADO.pdf

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Estrategia Nacional De Educación Ambiental Para El Desarrollo Sostenible 2017 - 2030. *Ministerio del Ambiente* [en línea], 2018. Primera. Quito- Ecuador: Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/07/ENEA-ESTRATEGIA.pdf>

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Código Orgánico Del Ambiente. *Registro Oficial Suplemento 983* [en línea], 2018. Quito: 983. [Consulta: 26 mayo 2021]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/09/Codigo-Organico-del-Ambiente.pdf>.

Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE). Plan Nacional de Forestación y Reforestación *Acuerdo No. 010* [en línea]. 2013. Quito-Ecuador: s.n. [Consulta: 08 mayo 2021]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155382.pdf>

MOLINA BUSTAMENATE, Katherine Estefanía. Predicción de la condición de conservación de la formación herbazal del páramo en los cantones Riobamba y Colta de la provincia de Chimborazo [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad De Recursos Naturales, Escuela De Ingeniería En Ecoturismo, Chimborazo, Ecuador. 2020. [Consulta: 2021-06-04]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14149/1/23T00775.pdf>

MORÁN, Wendor. *Hidrología para estuđinates de ingeniería civil* [en línea]. Lima- Perú: Pontificia Universidad Católica de Perú & CONCYTEC, 2010. [Consulta: 31 octubre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.pucp.edu.pe/index/bitstream/handle/123456789/28689/hidrologia.pdf>

MUENALA, Martha del Rocío. Vulnerabilidad ante amenazas de deslizamientos e inundaciones de la cuenca del río Blanco, provincia de Imbabura-Ecuador [en línea]. (Trabajo de titulación) (Maestría) Universidad Técnica Del Norte, Ibarra, Ecuador. 2018. pp 9-66. [Consulta: 2021-01-27]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8212>

MUSSETTA, P; et al. “Vulnerabilidad al cambio climático: Dificultades en el uso de indicadores en dos cuencas de Colombia y Argentina”. *Empiria. Revista de metodología de ciencias sociales* [en línea], 2017, (Argentina) (s.n)36, pp. 120. [Consulta: 10 marzo 2021]. ISSN 1139-5737. DOI 10.5944/empiria.36.2017.17862. Disponible en: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/36474/CONICET_Digital_Nro.24954.pdf?sequence=1&isAllowed=y

NANGÜELÚ HERNÁNDEZ, Raúl Antonio. Análisis de la vulnerabilidad en el lugar (aspectos sociales) y del lugar (aspectos físicos) del municipio de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, utilizando técnicas Geomáticas. [en línea]. (Trabajo de titulación) (Especilista) Universidad Autónoma del Estado de México, Facultad de Geografía, Toluca, Mexico. 2018. pp. 25-33. [Consulta: 2021-01-27]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.11799/98742>

NOVILLO, I; et al. “Propiedades físicas del suelo en diferentes sistemas agrícolas en la provincia de Los Ríos, Ecuador”. *Temas Agrarios* [en línea], 2018, (Ecuador) 23(2), pp. 178-179. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISSN 2389-9182. DOI 10.21897/rta.v23i2.1301. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6587923>

ORREGO, Luis. Capacidad de infiltración. [en línea], 2014. Chile: RyO Ltda. [Consulta: 10 marzo 2021]. Chile: Disponible en: http://www.trofar.cl/doctos/riego/Capacidad_infiltracion.pdf

ORTEGA, S; et al. “Propuesta metodológica para evaluación del riesgo de erosión hídrica , utilizando sistemas de información geográfica y teledetección , Cantón Cayambe”. *Revista Perspectiva* [en línea], 2017, (Ecuador) 18(3), pp. 274-282. [Consulta: 01 febrero 2021]. ISSN 1996-5389. Disponible en: <http://www.revistas.upagu.edu.pe/index.php/PE/article/view/545/486>

ORTEGÓN, E; et al. Metodología del marco lógico para la planificación, el seguimiento y la evaluación de proyectos y programas. [en línea], 2015. Chile: Manual N°42. [Consulta: 12 febrero 2021]. Chile: N°-42. Disponible en: https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/5607/S057518_es.pdf

ORTIZ C., Randon; & CHILE A., Maritza. “Métodos de cálculo para estimar la evapotranspiración de referencia para el Valle de Tumbaco”. *Siembra* [en línea], 2020, (Ecuador) 7(1), pp. 73-76. [Consulta: 27 enero 2021]. ISSN 1390-8928. DOI 10.29166/siembra.v7i1.1450. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/1450-Manuscrito-8711-2-10-20200512.pdf>

OYOLA, V., 2014. *Sistemas de Información Geográfica* [en línea]. S.l.: resumen publicado, revista oficial de OSGeo, 2014. Disponible en: https://www.icog.es/TyT/files/Libro_SIG.pdf

PEÑUELA AREVALO, Liliana A.; & CARRILLO RIVERA, J. Joel. “Definición de zonas de recarga y descarga de agua subterránea a partir de indicadores superficiales: Centro-sur de la Mesa Central, México”. *Investigaciones Geográficas* [en línea], 2013, (Mexico) 81(s.n), pp. 18-24. [Consulta: 28 mayo 2021]. ISSN 01884611. DOI 10.14350/rig.30518. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/569/56928293003.pdf>

PODVEZKO, Valentina. “Aplicación de la técnica AHP”. *Revista de economía y gestión empresarial* [en línea], 2009, (Lituana) s.n(2), pp. 181-189. [Consulta: 25 abril 2021] Disponible en: <https://www.ceeol.com/search/article-detail?id=265437>

POSADA FANDIÑO, Heidy Bibiana. Evaluación multicriterio y SIG. como herramientas para la gestión territorial. Caso de estudio Zipaquirá Cundinamarca [en línea] (Trabajo de titulación) (Ingeniería) Universidad Santo Tomas, Bogotá, Colombia. 2015. pp.28. [Consulta: 11 mayo 2021]. Disponible en: <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/2270/2015heidyposada.pdf?sequence=12&isAllowed=y>

RAMIREZ, W; et al. *Introducción al monitoreo en la restauración ecológica* [en línea]. Amsterdam: M. Aguilar-Garavito, & W. Ramírez, 2015. [Consulta: 26 mayo 2021]. Disponible en: https://pure.uva.nl/ws/files/2685769/171245_INTRODUCCI_N.pdf

ROMERO TORRES, Sergio Fernando. ;& PROAÑO SANTÓS, Carlos Oswlado. 2018. Componentes del balance hídrico en los páramos de Jatunsacha, Ecuador. *LA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA* [en línea], 2018, (Ecuador) 28(2), pp. 51-62. [Consulta: 21 julio 2021]. Disponible en: <https://doi.org/10.17163/lgr.n28.2018.04>

SAATY, R.W. “The analytic hierarchy process-what it is and how it is used”. *Mathematical Modelling* [en línea], 1978, (United State of America) 9(3-5) , pp. 161-175. [Consulta: 28 marzo 2021]. ISSN 02700255. DOI 10.1016/0270-0255(87)90473-8. Disponible en: [https://doi.org/10.1016/0270-0255\(87\)90473-8](https://doi.org/10.1016/0270-0255(87)90473-8)

SAATY, Thomas .L. “Decision making with the Analytic Hierarchy Process”. *International journal of services sciences* [en línea], 2008, (United State of America) (1)1, pp. 83-98. ISSN 1753-1454. [Consulta: 28 febrero 2021]. DOI 10.1504/ijssci.2008.017590. Disponible en: https://www.people.iup.edu/rhoch/ClassPages/EnvPlanningSeminar_X/Readings/AHP/Saaty_AHP_2008.pdf

SAINT, H.; et al. “Amenazas globales consecuencias locales: Retos para la inteligencia estratégica actual”. *Publicaciones científicas, Universidad de las Fuerzas Armadas* [en línea], 2017, (Ecuador) s.n(s.n), pp. 12-18. [Consulta: 10 mayo 2021]. ISBN: 978-9942-765-15-4. Disponible en: https://www.academia.edu/35590223/Amenazas_Con

SALGADO MONTOYA, Ramón Antonio. Análisis integral del riesgo a deslizamientos e inundaciones en la microcuenca del Río Gila, Copán, Honduras [en línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza – CATIE, Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación, Escuela de Postgrado, Turrialba, Costa Rica. 2005. pp. 5-60 . [Consulta: 2021-05-10]. Disponible en: http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5256/Analisis_integral.pdf;jsessionid=C026022E602E4FD123911180FAB01137?sequence=1

SÁNCHEZ, N.” El marco lógico. Metodología para la planificación, seguimiento y evaluación de proyectos El marco lógico”. *Visión Gerencial* [en línea], 2007, (Venezuela) 1(2), pp. 335-336. [Consulta: 26 mayo 2021]. ISSN 1317-8822. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/4655/465545876012.pdf>

SÁNCHEZ, N.; et al. Cálculo de la recarga hídrica subterránea y principales amenazas a las zonas de recarga en la Parroquia Cebadas”. *II CONVENCIÓN CIENTÍFICA INTERNACIONAL UEA 2021*. [en línea], 2021 Puyo: s.n., pp. 4-5. DOI : CCI-UEA

SCHOSINSKY, Gunter; & LOSILLA, Marcelino. “Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual”. *Revista Geológica de América Central* [en línea], 2000, (Costa Rica) s.n(23), pp. 43-46. [Consulta: 27 enero 2021]. ISSN 0256-7024. DOI 10.15517/rgac.v0i23.8579. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/geologica/article/view/8579/8102>

SCHOSINSKY N., Gunther “Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos”. *Revista Geológica de América Central* [en línea], 2006, (Costa Rica) s.n(34-35), pp. 13-30. [Consulta: 29 enero 2021]. ISSN 0256-7024. DOI 10.15517/rgac.v0i34-35.4223. Disponible en: [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4223-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6522-1-10-20121206%20\(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4223-Texto%20del%20art%C3%ADculo-6522-1-10-20121206%20(4).pdf)

SECRETARÍA DEL AGUA. Ley Orgánica de Recursos Hídricos. *Registro Oficial Suplemento N° 305* [en línea], 2014, Ecuador. pp. 30-31. [Consulta: 10 diciembre 2020]. Disponible en: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Org%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>

SISTEMA NACIONAL DE INFORMACIÓN (SIN). Subsecretaria de Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente del Ecuador (2013). [en línea], 2014. [Consulta: 20 mayo 2021]. Disponible en: <https://sni.gob.ec/coberturas>

SOTO ESCOBAR, Carlos. Evapotranspiracion en ArcGIS según el método de Thornthwaite [video], 2017. [Consulta: 10 enero 2021]. Disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=BczIjYMN3oE>.

SOTO REY, Miriam. “Revegetación de zonas degradadas en la rioja.” *Páginas de Información Ambiental* [en línea], 2003, (España) s.n.(14), p.1. [Consulta: 26 mayo 2021]. ISSN 1577-7960. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2348577>

THORNTHWAITE, Charles Warren. An Approach toward a Rational Classification of Climate. *Geographical Review* [en línea], 1984, (United State of America) 38(1), pp. 55-94 .ISSN 00167428. DOI 10.2307/210739. Disponible en: <https://doi.org/10.2307/210739>

VARELA, S.; et al. “ecoClimate vs. Worldclim: variables climáticas SIG para trabajar en biogeografía”. *Ecosistemas* [en línea], 2015, (España) 24(3), pp. 88-92. [Consulta: 14 enero 2021]. ISSN 1697-2473. DOI 10.7818/re.2014.24-3.00. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/540/54043399011.pdf>

VARGAS, R. *Guía para la descripción de suelos* [en línea]. 4Ed. Bolivia: Ronald Vargas Rojas (Proyecto FAO- SWALIM, Nairobi, Kenya-Universidad Mayor de San Simón, 2009. [Consulta: 28 marzo 2021]. ISBN 978-92-5-305521-0. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a0541s/A0541S.pdf>

VILLÓN BÉJAR, Máximo. *Hidrología* [en línea]. Ed 2. Lima: Taller de Publicaciones del Instituto Tecnológico de Costa Rica, 2002. [Consulta: 12 febrero 2021]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/erickmainar/hidrologa-ingmximo-villn-53473898>

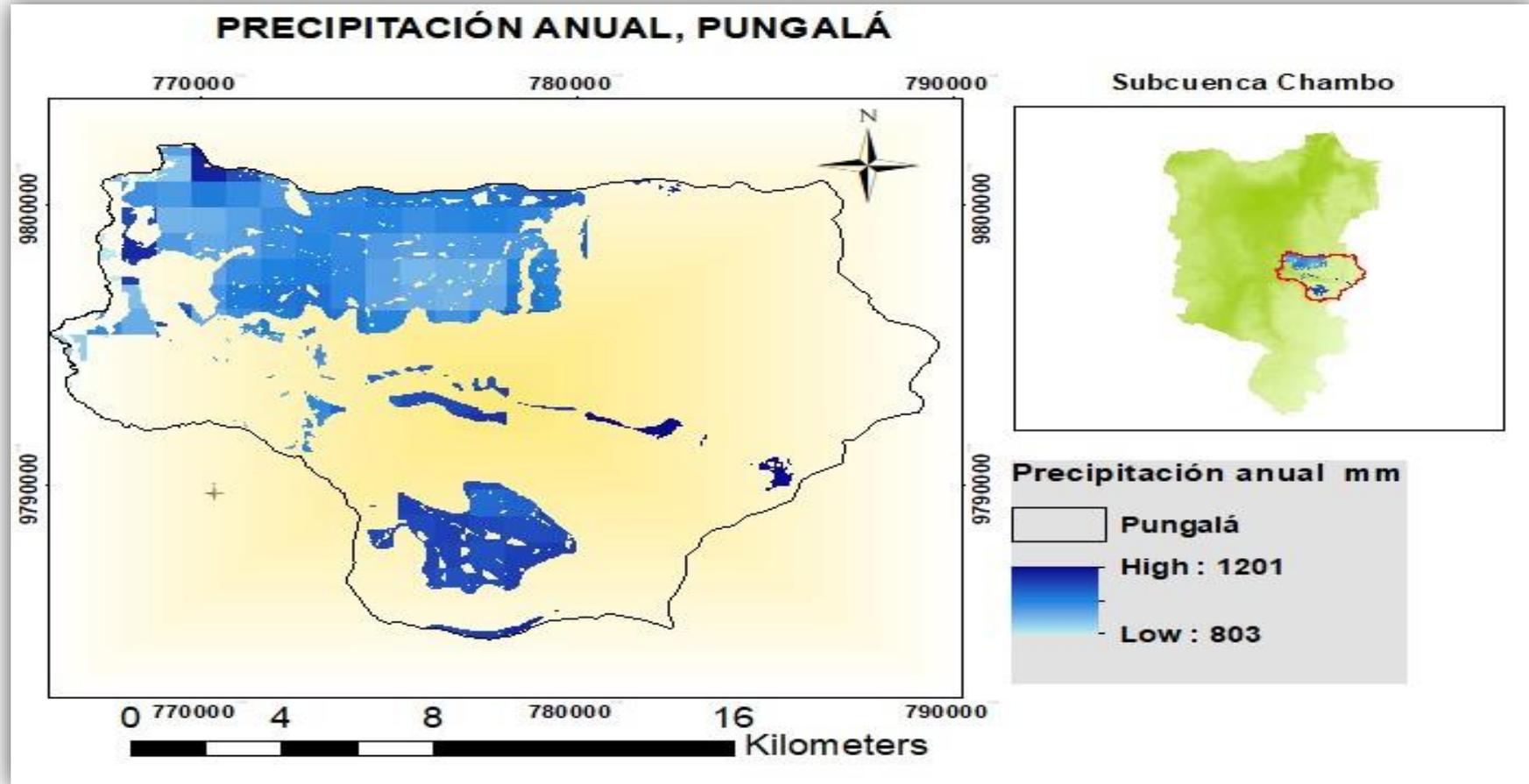
VILTRES MILAN, Yexenia. Evaluación de riesgos por deslizamiento en taludes y laderas del sector Este del Municipio Moa [En línea] (Trabajo de titulación). (Ingeniería) Instituto Superior Minero Metalúrgico de Moa “Dr. Antonio Núñez Jiménez”, Holguín, Cuba. 2010 (Consulta: 2021-01-04). Disponible en: <http://ninive.ismm.edu.cu/handle/123456789/1353>

YAGUACHE ORDOÑEZ, R. Costeo de estrategias y acciones de conservación de recursos hídricos y manejo de cuencas hidrográficas. Informe final de consultoría [en línea], 2017, Quito: Consultoría propuesto por Secretaría del Agua y BIOFIN. pp. 1-72. [Consulta: 05 abril 2021]. Disponible en: [https://www.biodiversityfinance.net/sites/default/files/content/knowledge_products/Costeo de estrategias y acciones de conservación de recursos hídricos y manejo de cuencas hidrográficas.pdf](https://www.biodiversityfinance.net/sites/default/files/content/knowledge_products/Costeo_de_estrategias_y_acciones_de_conservacion_de_recursos_hidricos_y_manejo_de_cuencas_hidrograficas.pdf)

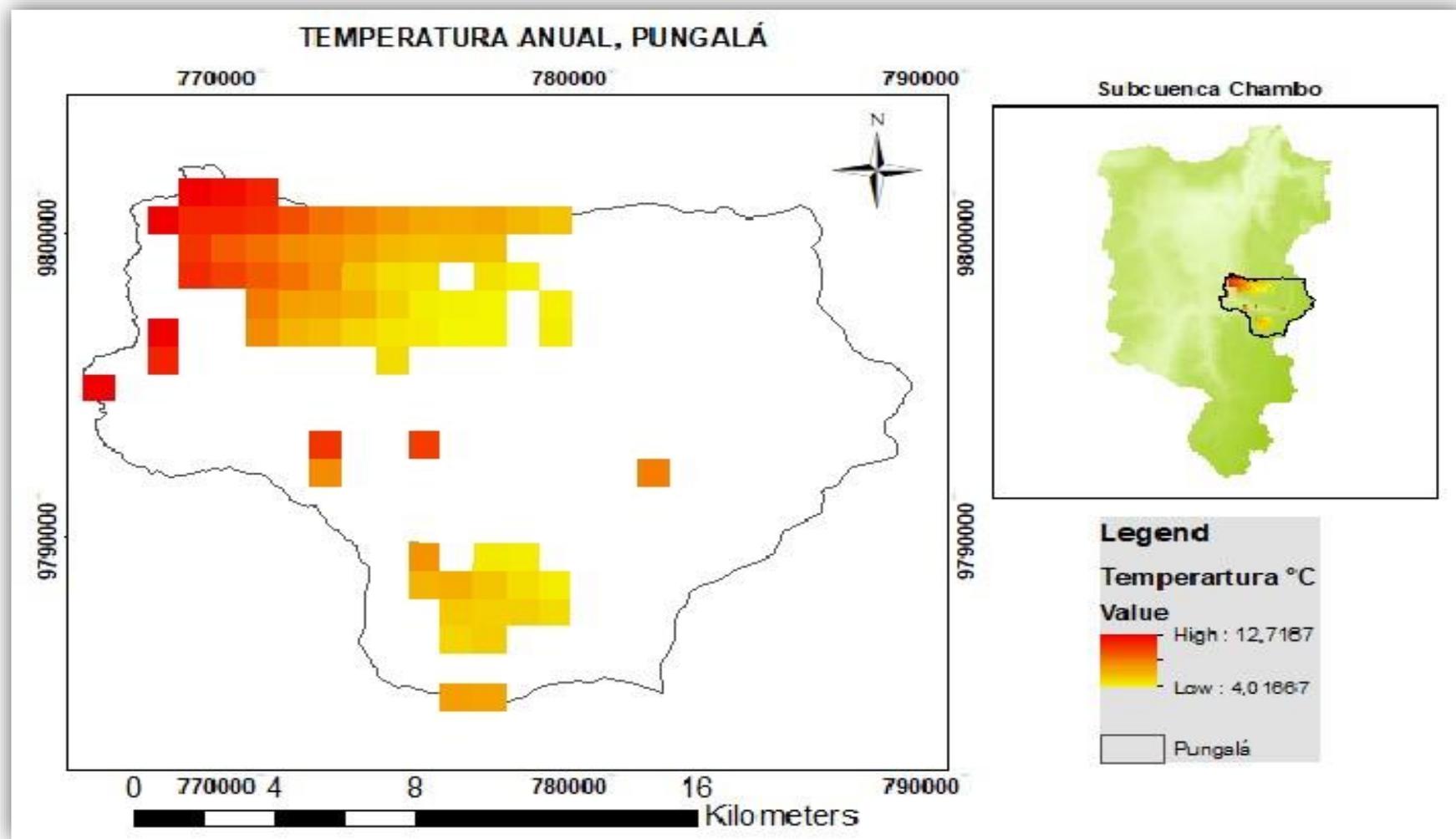
YÁNEZ, Wilfrido; et al. “ Niveles de nitrógeno en suelos del cantón Chambo, provincia de Chimborazo”. *Journal of the Selva Andina Biosphere* [en línea], 2017, (Ecuador) 5(2). pp. 152-159.[Consulta: 08 mayo2021]. ISSN 2308-3867. DOI 10.36610/j.jsab.2017.050200152. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/pdf/jsab/v5n2/v5n2_a10.pdf

ANEXOS

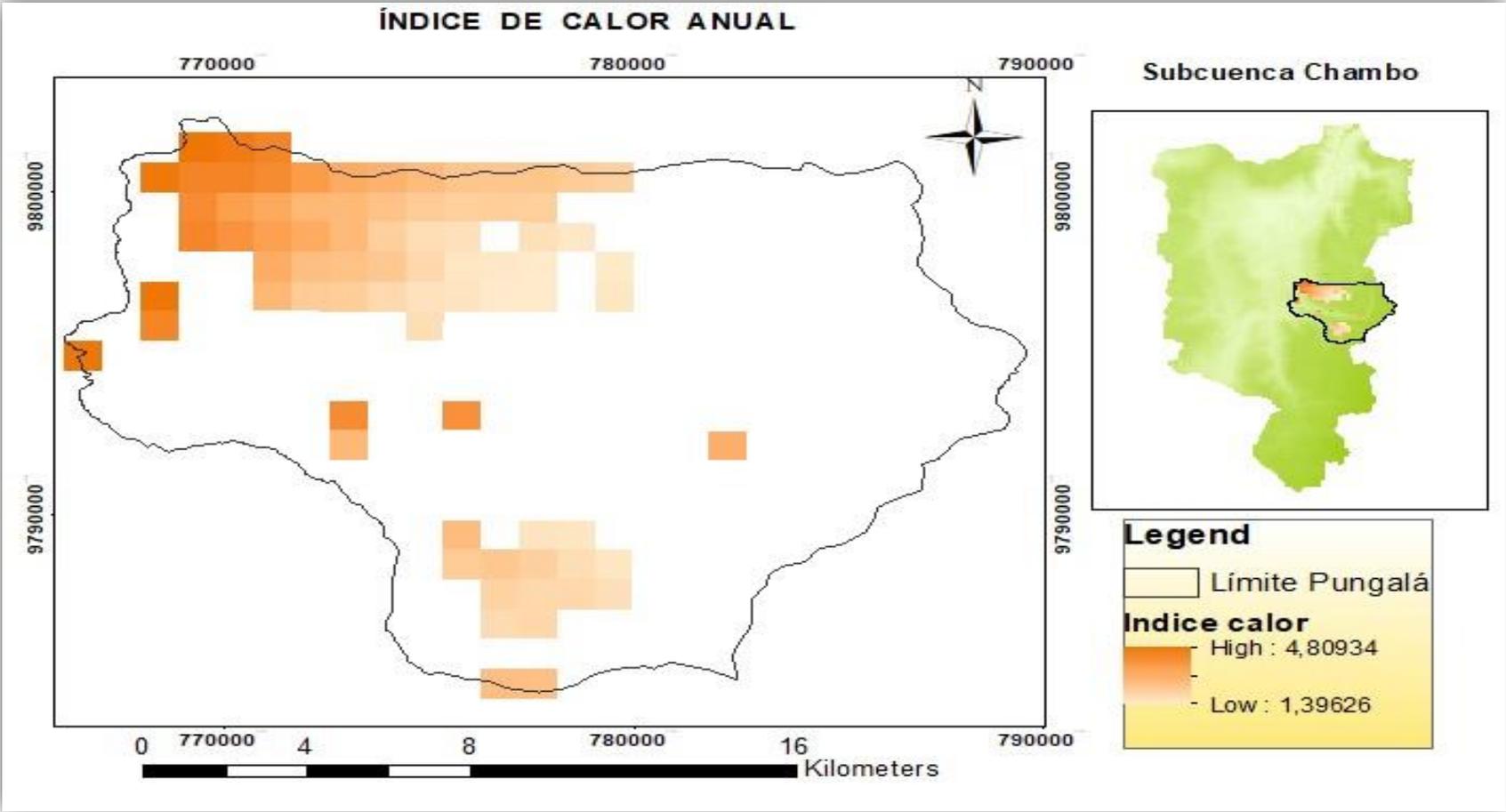
ANEXO A: MAPA DE PRECIPITACIÓN ANUAL EN ZONA CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PARROQUIA PUNGALÁ



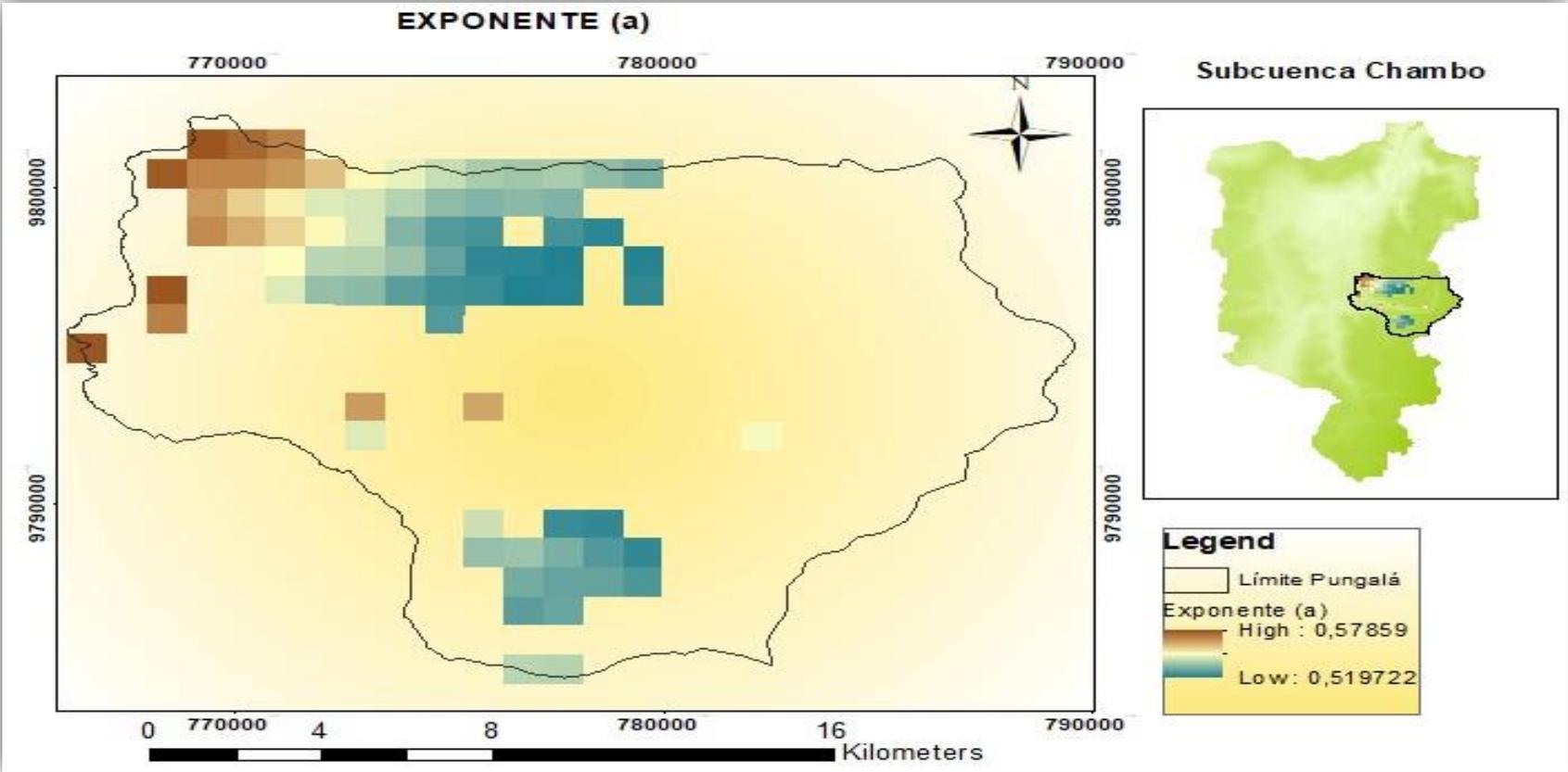
ANEXO B: MAPA DE TEMPERATURA ANUAL EN ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PUNGALÁ



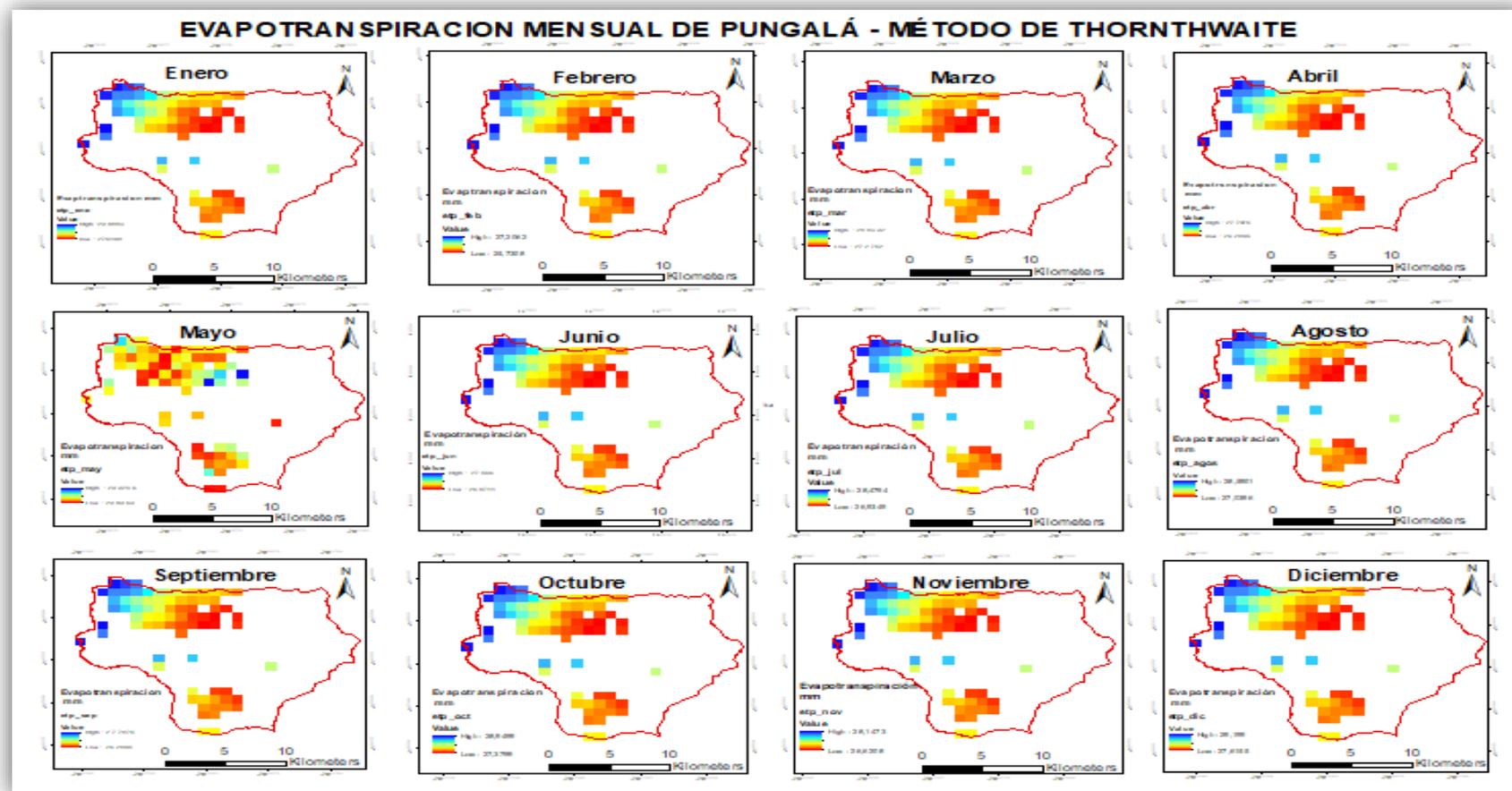
ANEXO C: MAPA DE ÍNDICE DE CALOR ANUAL EN ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA.



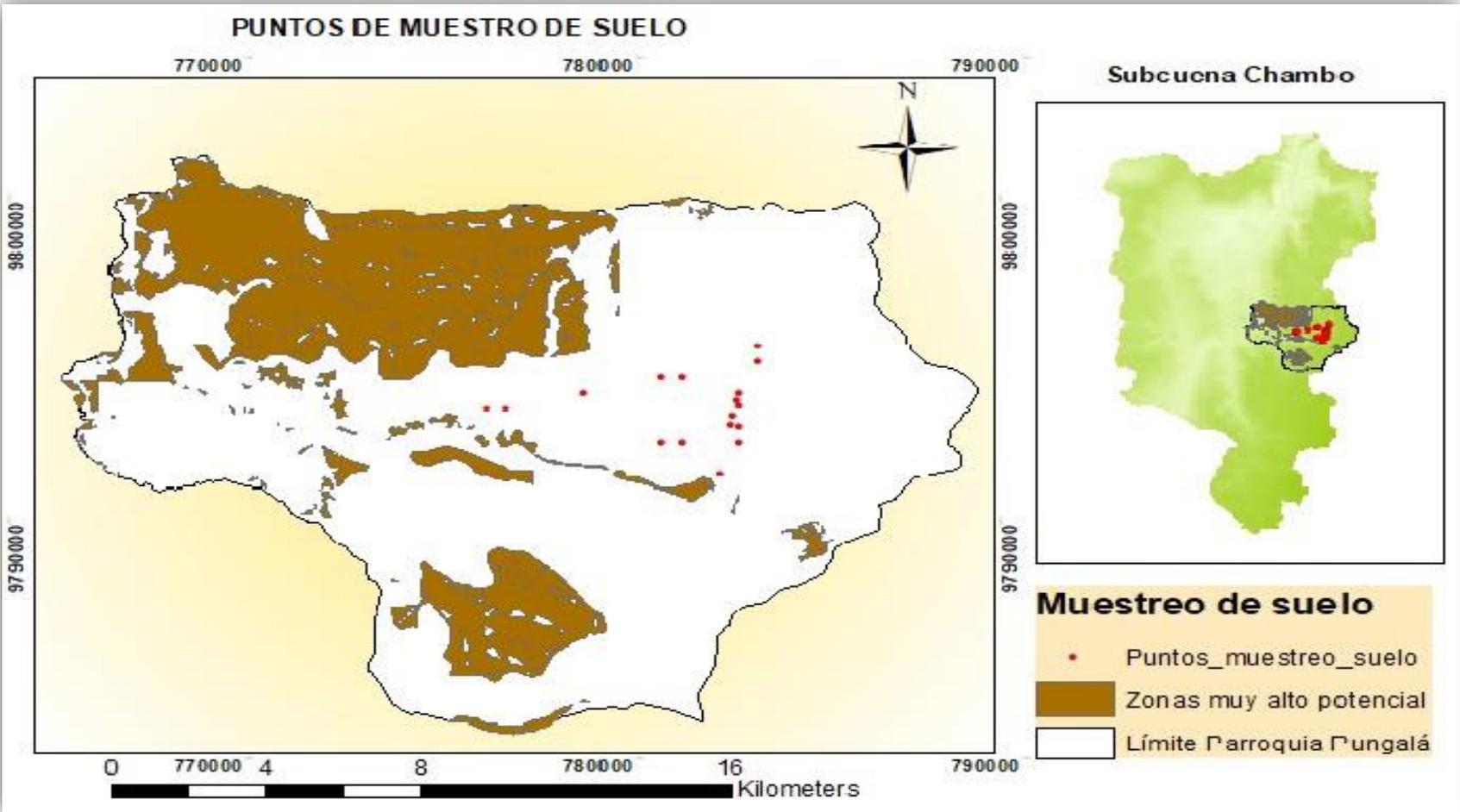
ANEXO D: MAPA DE EXPONENTE (a) DE LAS ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PARROQUIA PUNGALÁ



ANEXO E. MAPA DE EVAPORACIÓN MEDIA MENSUAL EN LAS ZONAS CON MUY ALTO POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA, PARROQUIA PUNGALÁ



ANEXO F: MAPA DE PUNTOS DE UBICACIÓN DE MUESTREO DE SUELO, PARROQUIA PUNGALÁ – PROYECTO DIMATEZ



ANEXO G: INFORME DE ANÁLISIS DE MUESTRAS DE SUELO DE LA PARROQUIA PUNGALÁ- PROYECTO DIMATEZ.



LABORATORIO DE SERVICIOS AMBIENTALES



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Ing. Norma Lara Vásconez

INFORME N°: 003 – 20

N° SE: 003 – 20

EMPRESA: Proyecto DIMATEZ - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

DIRECCIÓN: Panamericana Sur Km 1 ½

FECHA DE RECOLECCIÓN: 10 – 06 –20

TELÉFONO: 032998200

FECHA DE INFORME: 25 – 08 –20

NÚMERO DE MUESTRAS: 8

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Alao Llactapamba, Pungalá

IDENTIFICACIÓN:

MS – 007-20	783008	9792456
MS – 008-20	781508	9793456
MS – 009-20	782008	9793456
MS – 010-20	783508	9793456
MS – 011-20	783508	9793956
MS – 012-20	777008	9794456
MS – 013-20	777508	9794456
MS – 014-20	779508	9794956

El laboratorio se responsabiliza del análisis y de la recolección de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-007-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,58
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	61,7
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,64
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3167,80
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4886,46
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1962,49
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1796,80
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,17
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,72

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).

-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	13,28

MS-008-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,05
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	35,0
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,55
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	11906,52
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4628,29
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2106,25
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2475,23
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,89
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,56
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	16,15

MS-009-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,3
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	59,3
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,84
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	10406,90
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4571,14
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2250,01
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2559,17
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,20
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,60
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	11,20

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-010-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,56
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	15,6
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,64
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4539,19
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4332,33
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2393,74
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3593,22
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,13
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,67
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	14,27

MS-011-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,29
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	67,4
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,47
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	36484,33
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	6234,02
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2537,48
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	5744,26
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,45
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,71
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	24,24

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-012-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,28
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	28,8
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,90
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	5129,24
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4181,2
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2681,23
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1815,06
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,79
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,59
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arcilloso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	13,02

MS-013-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,74
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	31,3
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,97
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	6790,14
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4250,47
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2824,96
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2123,25
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,88
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,68
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arcilloso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	9,31

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-014-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,46
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	42,5
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,90
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	21282,53
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	14180,82
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2968,71
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	21263,23
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,15
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,84
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	13,95

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., PhD.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Ing. Norma Lara Vásconez

INFORME N°: 004 – 20

N° SE: 004 – 20

EMPRESA: Proyecto DIMATEZ - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

DIRECCIÓN: Panamericana Sur Km 1 ½

FECHA DE RECOLECCIÓN: 11 – 06 –20

TELÉFONO: 032998200

FECHA DE INFORME: 25 – 08 –20

NÚMERO DE MUESTRAS: 5

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Alao Llactapamba, Pungalá

IDENTIFICACIÓN:

MS – 015-20	783508	9794956
MS – 016-20	781508	9795456
MS – 017-20	782008	9795456
MS – 018-20	784008	9795956
MS – 019-20	784008	9796456

El laboratorio se responsabiliza del análisis y de la recolección de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-015-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,38
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	33,1
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,68
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	6536,78
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3387,70
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3112,46
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2365,95
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,77
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,61
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	11,31

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-016-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,67
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	26,0
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,56
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2077,58
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2484,01
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3256,25
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1241,14
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,16
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,46
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	19,67

MS-017-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	6,04
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	68,7
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,48
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	7955,61
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	5446,89
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3400,03
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3005,62
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,85
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,42
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	16,10

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-018-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,43
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	22,9
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,61
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	5624,67
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	9716,25
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3543,70
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3253,29
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,60
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,44
Textura	-	METODO INTERNO	Franco limoso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	10,89

MS-019-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,84
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	34,2
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,50
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2010,05
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2201,01
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3687,50
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1452,68
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,04
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,87
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	17,73

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., PhD.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



INFORME DE ANALISIS

NOMBRE: Ing. Norma Lara Vásconez

INFORME N°: 005 – 20

N° SE: 005 – 20

EMPRESA: Proyecto DIMATEZ - Escuela Superior Politécnica de Chimborazo

DIRECCIÓN: Panamericana Sur Km 1 ½

FECHA DE RECOLECCIÓN: 12 – 06 –20

TELÉFONO: 032998200

FECHA DE INFORME: 25 – 08 –20

NÚMERO DE MUESTRAS: 4

TIPO DE MUESTRA: Suelo, Alao Llactapamba, Pungalá

IDENTIFICACIÓN:

MS – 020-20	783508	9794580
MS – 021-20	783430	9794754
MS – 022-20	783330	9794270
MS – 023-20	783260	9794005

El laboratorio se responsabiliza del análisis y de la recolección de las muestras.

RESULTADOS DE ANÁLISIS

MS-020-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	5,47
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	21,1
Densidad aparente	g/cm3	METODO INTERNO	0,43
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2745,49
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2825,91
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3831,22
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1398,76
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,53
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,57
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	22,85

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-021-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	6,38
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	85,3
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,85
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	5064,70
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3797,08
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3975,06
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1963,90
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,88
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,50
Textura	-	METODO INTERNO	Franco arcilloso
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	14,57

MS-022-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	6,68
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	9,54
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,50
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2545,67
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2741,44
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4118,69
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1866,58
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	1,96
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,56
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	24,90

-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.



MS-023-20

PARÁMETROS	UNIDADES	MÉTODO/PROCEDIMIENTO	RESULTADO
pH	-	EPA 9045 D	6,13
Conductividad	uS/m	EPA 9045 C	17,68
Densidad aparente	g/cm ³	METODO INTERNO	0,54
Calcio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4959,90
Magnesio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	3098,12
Sodio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	4262,38
Potasio	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2104,59
Fósforo total	mg/Kg	EPA SW - 846 METODO 3050 B	2,34
Nitrógeno Total	%	METODO INTERNO KJELDAHL	0,70
Textura	-	METODO INTERNO	Franco
Materia Orgánica	%	METODO INTERNO	23,12

RESPONSABLES DEL ANÁLISIS:

Dr. Juan Carlos Lara R.
Benito Mendoza T., PhD.


Dr. Juan Carlos Lara R.
TECNICO L.S.A.



-Los resultados de este informe corresponden únicamente a la(s) muestra(s) analizada(s).
-Se prohíbe la reproducción parcial de este informe sin la autorización del laboratorio.