



Cálculo de la recarga hídrica potencial en los páramos de la Parroquia Pungalá e identificación de amenazas mediante el análisis multicriterio

Calculation of the potential water recharge in the paramos of the Pungalá Parish and identification of threats through multicriteria analysis

Cálculo do potencial de recarga de água nos paramos da Freguesia de Pungalá e identificação de ameaças através de análise multicritério

Verónica Janneth Aucancela-Guanolema ^I
veronicaaucancela88@outlook.es
<https://orcid.org/0000-0002-8202-7471>

Norma Ximena Lara-Vásconez ^{II}
norma.lara@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-8381-0401>

Jonny Israel Guaiña-Yungán ^{III}
jonny.guaina@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-0456-7429>

Diego Francisco Cushquicullma-Colcha ^{IV}
diego.cushquiculma@esPOCH.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-6265-8164>

Correspondencia: veronicaaucancela88@outlook.es

Ciencias Técnicas y Aplicadas
Artículo de Revisión

* **Recibido:** 27 de marzo de 2022 * **Aceptado:** 17 de abril de 2022 * **Publicado:** 13 de mayo de 2022

- I. Ingeniera Forestal, Investigadora Independiente, Ecuador.
- II. Magister en Ciencias, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Riobamba, Ecuador.
- III. Magister en informática empresarial. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Facultad de Recursos Naturales (FRN), Riobamba, Ecuador.
- IV. Ingeniero en Ecoturismo, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH), Instituto de Investigaciones (IDI), Riobamba, Ecuador.

Resumen

El servicio eco sistémico de abastecimiento de agua dulce que provee el páramo permite a las comunidades altoandinas urbanas y rurales contar con el líquido vital para el consumo, riego y el desarrollo de industrias. El presente estudio tuvo como finalidad calcular la recarga hídrica e identificar las principales amenazas a las zonas de recarga hídrica de la parroquia Pungalá. La misma contempla de 2 fases. La primera fue determinación el volumen de recarga hídrica potencial, mediante el método de balance hídrico de suelo propuesto por Schosinsky en el año 2006. La segunda fase fue la identificación de amenazas como deslizamiento y erosión hídrica por medio del método indirecto semicuantitativo de evaluación multicriterio y la combinación lineal ponderada usando capas ráster y vectoriales de cobertura vegetal, precipitación, textura del suelo, cobertura y uso del suelo, pendiente y precipitación que fueron procesadas en el software ArcGIS 10.8. Los resultados determinaron que a zona con alto potencial de recarga tienen una superficie de 6.647,11 hectáreas que tienen un volumen de recarga hídrica de 717,82 milímetros anuales, La amenaza por deslizamiento cubre un área de 290,82 hectáreas y se localizan al noreste de la parroquia, la erosión hídrica cubre una superficie de 3442,35 hectáreas y se ubican al noroeste y sureste del área de estudio. En conclusión los páramos de la parroquia Pungala tienen una recarga de 47'714.415,32 m³ de agua anuales que abastecen de agua a las zonas bajas de la microcuenca del río Alao, por lo que se considera una zona frágil que requiere la implementación de un plan de manejo ambiental e integral.

Palabras claves: Alto potencial; recarga hídrica; amenaza; evapotranspiración; acuíferos.

Abstract

The ecosystem service of fresh water supply provided by the páramo allows urban and rural high Andean communities to have the vital liquid for consumption, irrigation and the development of industries. The purpose of this study was to calculate the water recharge and identify the main threats to the water recharge areas of the Pungalá parish. It contemplates 2 phases. The first was to determine the volume of potential water recharge, through the soil water balance method proposed by Schosinsky in 2006. The second phase was the identification of threats such as landslides and water erosion through the semi-quantitative indirect method of multicriteria evaluation and the weighted linear combination using raster and vector layers of vegetation cover, precipitation, soil texture, land cover and use, slope and precipitation that were processed in ArcGIS 10.8 software.

The results determined that the area with high recharge potential has an area of 6,647.11 hectares with a water recharge volume of 717.82 millimeters per year. The landslide hazard covers an area of 290.82 hectares and is located northeast of the parish, water erosion covers an area of 3442.35 hectares and is located to the northwest and southeast of the study area. In conclusion, the paramos of the Pungala parish have a recharge of 47,714,415.32 m³ of water per year that supply water to the lower areas of the Alao river micro-basin, which is why it is considered a fragile area that requires the implementation of an environmental and comprehensive management plan.

Keywords: High potential; water recharge; hazard; evapotranspiration; aquifers.

Retomar

Cálculo da recarga potencial de água no paramo O serviço ecossistêmico de abastecimento de água doce fornecido pelo paramo permite que as comunidades urbanas e rurais do alto andino tenham o líquido vital para consumo, irrigação e desenvolvimento de indústrias. O objetivo deste estudo foi calcular a recarga hídrica e identificar as principais ameaças às áreas de recarga hídrica da freguesia de Pungalá. Contempla 2 fases. A primeira foi determinar o volume potencial de recarga hídrica, por meio do método de balanço hídrico do solo proposto por Schosinsky em 2006. A segunda fase foi a identificação de ameaças como deslizamentos e erosão hídrica por meio do método indireto semiquantitativo de avaliação multicritério e a combinação linear ponderada usando camadas raster e vetoriais de cobertura vegetal, precipitação, textura do solo, cobertura e uso da terra, declividade e precipitação que foram processadas no software ArcGIS 10.8. Os resultados determinaram que a área com alto potencial de recarga possui uma área de 6.647,11 hectares com um volume de recarga de água de 717,82 milímetros por ano. abrange uma área de 3.442,35 hectares e localiza-se a noroeste e sudeste da área de estudo. Em conclusão, os paramos da freguesia da Pungala têm uma recarga de 47.714.415,32 m³ de água por ano que abastecem as zonas baixas da microbacia do rio Alaão, razão pela qual é considerada uma área frágil que exige a implementação de um plano de gestão abrangente.

Palavras-chave: Alto potencial; recarga de água; ameaça; evapotranspiração; aquíferos.
da Freguesia de Pungalá e identificação de ameaças através de análise multicritério

Introducción

En el Ecuador el páramo es considerado como un ecosistema que abastece de agua a 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 semi- húmedos 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).

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).

Las amenazas, riesgo y vulnerabilidad de las zonas de recarga hídrica son cada vez más crecientes esto a causa de la pérdida de cobertura vegetal, la deforestación, los incendios forestales y el crecimiento de la frontera agrícola que provoca la inestabilidad hidrológica en cuanto a la disponibilidad y calidad del recurso hídrico. La altura y condiciones climáticas en las zonas andinas del Ecuador permiten una extensión territorial importante de páramo y la presencia de diferentes ecosistemas, la intervención antropogénica puede cambiar este funcionamiento eco sistémico (Serrano y Galarraga, 2015; citado en Jaramillo y Merchan, 2018).

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. En este contexto el presente estudio calculara la recarga hídrica del páramo de la parroquia Pungala que aporta agua a la microcuenca del río Alao que forma parte de la subcuenca de Rio Chambo.

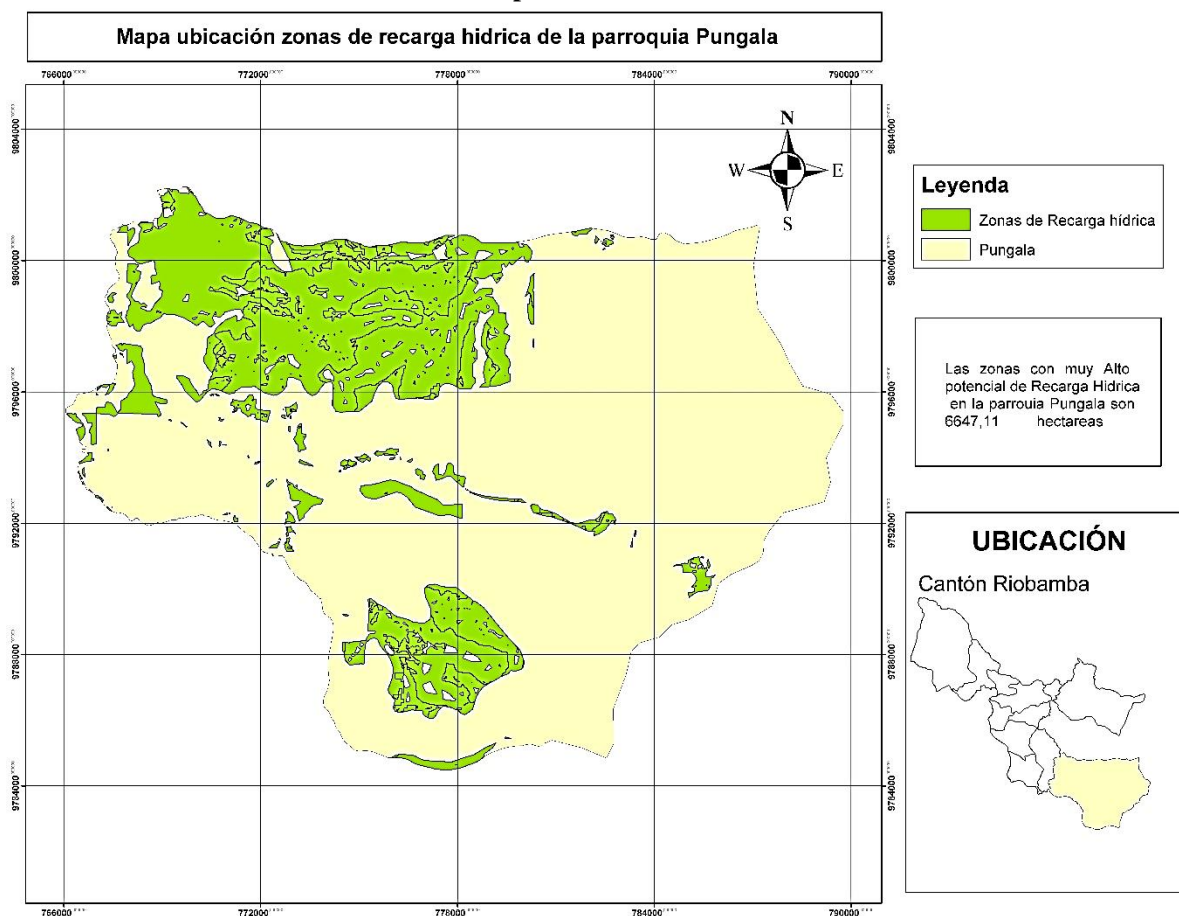
Área de Estudio y Métodos

A. Localización

La parroquia rural Pungalá, se ubica en la parte Sureste del Cantón Riobamba, al Noreste de la Provincia de Chimborazo GAD PUNGALA, 2020). En la latitud $y=9794015,227$ y longitud $x=780163,579$, tiene una extensión de 28.133,06 hectáreas, de las cuales de acuerdo a los estudios

desarrollados por (Lara-Vásconez et al., 2021) existen 6.647,11 hectáreas catalogadas como zonas con muy alto potencial de recarga hídrica que se ubican al oeste, centro norte y centro sur de la parroquia.

Mapa 1. Área de estudio



B. Métodos

Para el cálculo de la recarga potencial se usó el método de balance de suelos propuesto por Schosinsky que señala que la recarga es el resultado o es el agua sobrante, una vez satisfecha la capacidad de campo y la evapotranspiración, se aplicó la siguiente ecuación (Schosinsky N. 2006: p.21).

$$R_p = P_i + H_{Si} - H_{Sf} - ETR$$

Dónde: 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 y ETR = Evapotranspiración real en mm/mes.

Para el cálculo de la precipitación que infiltra (**P_i**) se usó la ecuación: Para $P_i = (C_i)(P - Ret)$; donde; P_i = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en [mm/mes]; C_i = Coeficiente de infiltración [adimensional]; P = Precipitación mensual en [mm/mes]

Para el cálculo de la Evapotranspiración Real (**ETR**) se aplicó la siguiente ecuación:

Si $\left(\frac{C_1+C_2}{2}\right) ETP$ es menor o igual a HD , $ETR \left(\frac{mm}{mes}\right) = \left(\frac{C_1+C_2}{2}\right) ETP$ si $\left(\frac{C_1+C_2}{2}\right) ETP$ es mayor que HD , $ETR \left(\frac{mm}{mes}\right) = HD$

Dónde: ETR = Evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes [mm/mes]; C_1 = Coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración [adimensional]; C_2 = Coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con C_1 , [adimensional], ETP = Evapotranspiración potencial [mm/ mes] y HD = Humedad disponible [mm/mes]

Para el cálculo de la Humedad final del suelo (**H_{sf}**) se usó la ecuación:

Si $(HD + PMP - ETR)$ es < que la CC , $H_{sf} = HD + PMP - ETR$, Si $(HD + PMP - ETR)$ es > o = que la CC , $H_{sf} = CC$

Dónde: H_{sf} = Humedad del suelo final (final de mes) [mm]; HD = Humedad disponible [mm/mes]; PMP = Punto de marchitez permanente [mm]; ETR = Evapotranspiración real [mm/mes] y CC = Capacidad de campo [mm].

Los datos de precipitación y temperatura fueron tomados de la plataforma World clim y procesados en el software Arc Gis 10.8 para el cálculo de la evapotranspiración y finalmente los análisis de suelos se realizaron en el Laboratorio de aguas y suelos de la Universidad Nacional de Chimborazo. Para el cálculo de la recarga potencial anual se sumaron las recargas obtenidas de cada mes (enero hasta diciembre) que nos da en unidades de mm los cuales se transformaron a metros cúbicos.

Para la identificación de las amenazas a las zonas de recarga hídrica se utilizó el método indirecto semicuantitativo 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 la amenaza por deslizamientos, se integraron variables como cobertura vegetal (zonas sin cobertura vegetal susceptibles a deslizamientos) con un peso de 25%, pendiente (Los relieves inclinados, montañosos y escarpados son escenario más favorable a deslizamientos) con un peso

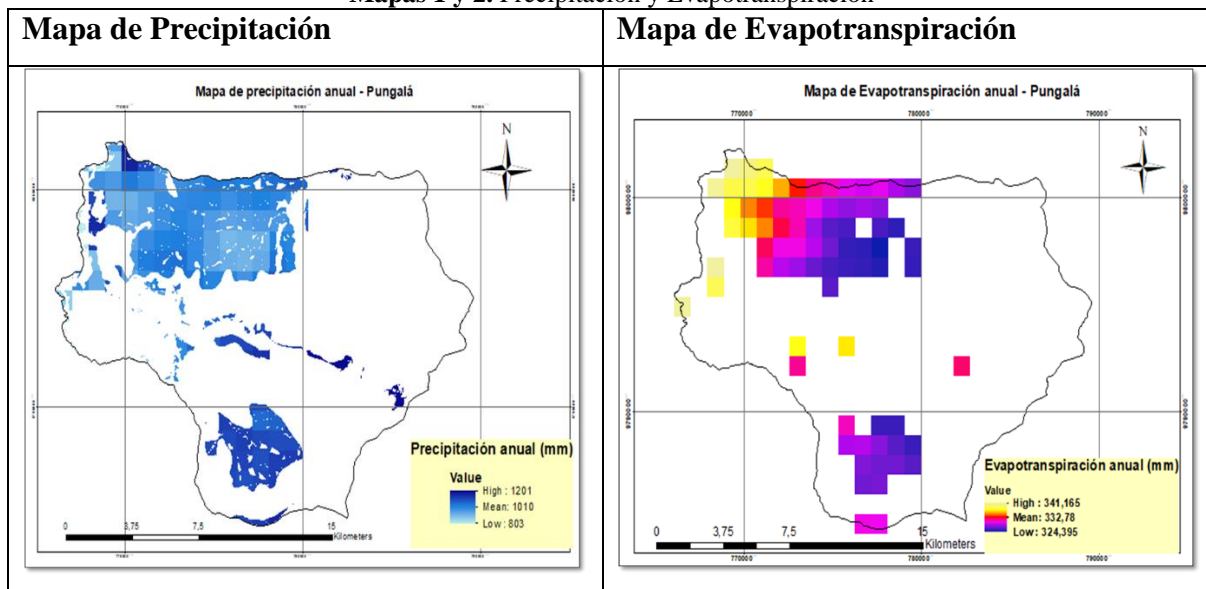
de 40% y precipitación anual. (Zonas con alta pluviosidad propensas a deslizamientos) con un peso de 35% (Muenala, 2018:p.30)

Para la amenaza erosión hídrica, se integraron variables como textura de los suelos con un peso de 45% y pendientes del terreno con un peso de 55% que determinaran las áreas más propensas a erosión que otras (Ortega et al., 2017, p.256). Los factores como el tamaño de partículas del suelo depende la capacidad de infiltración, suelos con elementos estables presentan una distribución uniforme de sus poros, por el contrario, suelos con alto contenido de arcillas presentan alto nivel de dificultad para la infiltración, lo que genera el movimiento del agua a favor de la pendiente generando erosión (Calero, 2017, p.47); así mismo hay que considerar que a mayor pendiente mayor es la probabilidad de que ocurra erosión. Los relieves inclinados (montañosos y escarpados) + textura establecen un escenario más favorable que una zona plana.

Resultados

Calculo de la recarga hídrica potencial

Mapas 1 y 2. Precipitación y Evapotranspiración



Las zonas con mayor precipitación se encuentran al noroeste y sureste de la parroquia Pungalá con precipitación anual de 1010 mm. 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

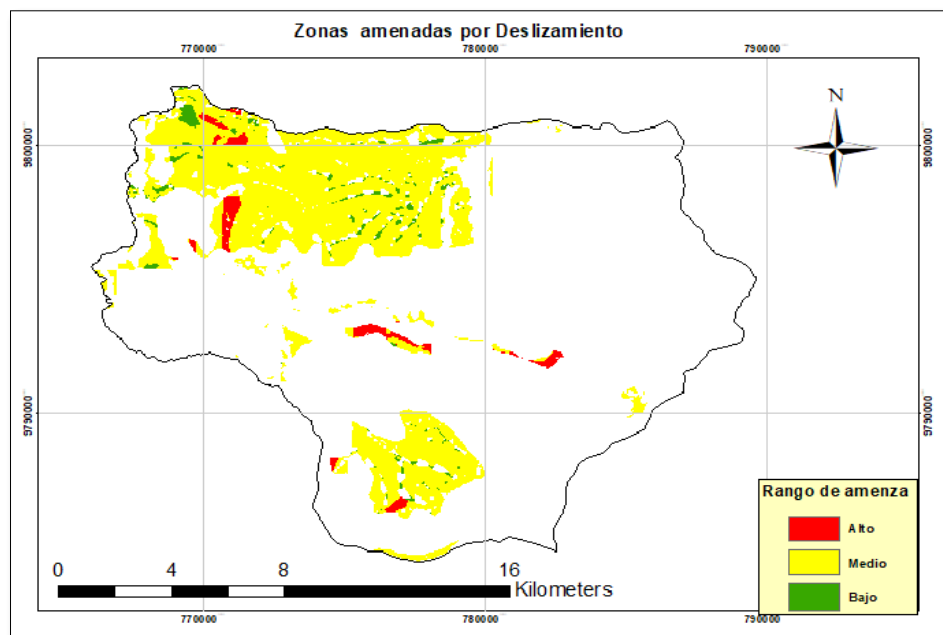
De acuerdo al análisis de suelo realizado se determina que predominan suelos francos, seguido de franco limoso y franco arcilloso con densidad aparente 0,59 g/m³.

Tabla 1: Cálculo del volumen de recarga en zonas determinadas potenciales de recarga hídrico

VARIABLES	En ero	febr ero	Ma rzo	Ab ril	Ma yo	Ju nio	Ju lio	Ag ost o	Septie mbre	Oct ubre	Novie mbre	Dicie mbre	Anual
Precipi tación (mm)	59, 82	94,5 7	108 ,75	120 ,67	106 ,01	103 ,46	89, 32	70, 24	80,95	86,3 9	85,54	56,11	1061,83
Retenci ón (mm)	7,1 8	11,3 5	13, 05	14, 48	12, 72	12, 42	10, 72	8,4 3	9,71	10,3 7	10,27	6,73	127,42
Infiltra ción (mm)	50, 81	80,3 2	92, 36	102 ,48	90, 04	87, 87	75, 86	59, 66	68,75	73,3 7	72,65	47,66	901,82
Escorr entía (mm)	1,8 4	2,90	3,3 4	3,7 0	3,2 5	3,1 8	2,7 4	2,1 6	2,48	2,65	2,63	1,72	32,59
ETP (mm)	28, 10	26,2 9	27, 86	26, 85	29, 32	26, 63	27, 52	27, 57	27,58	27,5 9	27,61	27,62	330,53
Hsi (mm)	41, 12	56,7 4	64, 50	75, 64	60, 85	235 ,99	52, 42	42, 89	47,24	50,5 6	50,03	41,12	
ETPR (mm)	0,0 0	8,32	13, 20	18, 77	11, 72	105 ,16	6,3 0	0,9 9	3,42	5,28	4,98	0,00	
C1	1,0 0	1,00	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,00	1,00	1,00	0,97	
C2	1,0 0	1,00	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,0 0	1,00	1,00	1,00	0,97	
HD (mm)	50, 81	95,9 3	115 ,73	136 ,99	109 ,76	282 ,74	87, 15	61, 42	74,86	82,8 1	81,56	47,66	
ETR (mm)	28, 10	26,2 9	27, 86	26, 85	29, 32	26, 63	27, 52	27, 57	27,58	27,5 9	27,61	26,67	329,58
HSf (mm)	41, 12	56,7 4	64, 50	75, 64	60, 85	90, 40	52, 42	42, 89	47,24	50,5 6	50,03	41,12	
Recarg a potenci al (mm)	22, 70	54,0 3	64, 50	75, 64	60, 72	206 ,82	48, 34	32, 09	41,17	45,7 8	45,05	20,98	717,82
VOLUMEN TOTAL (m³)													47'714. 415,32

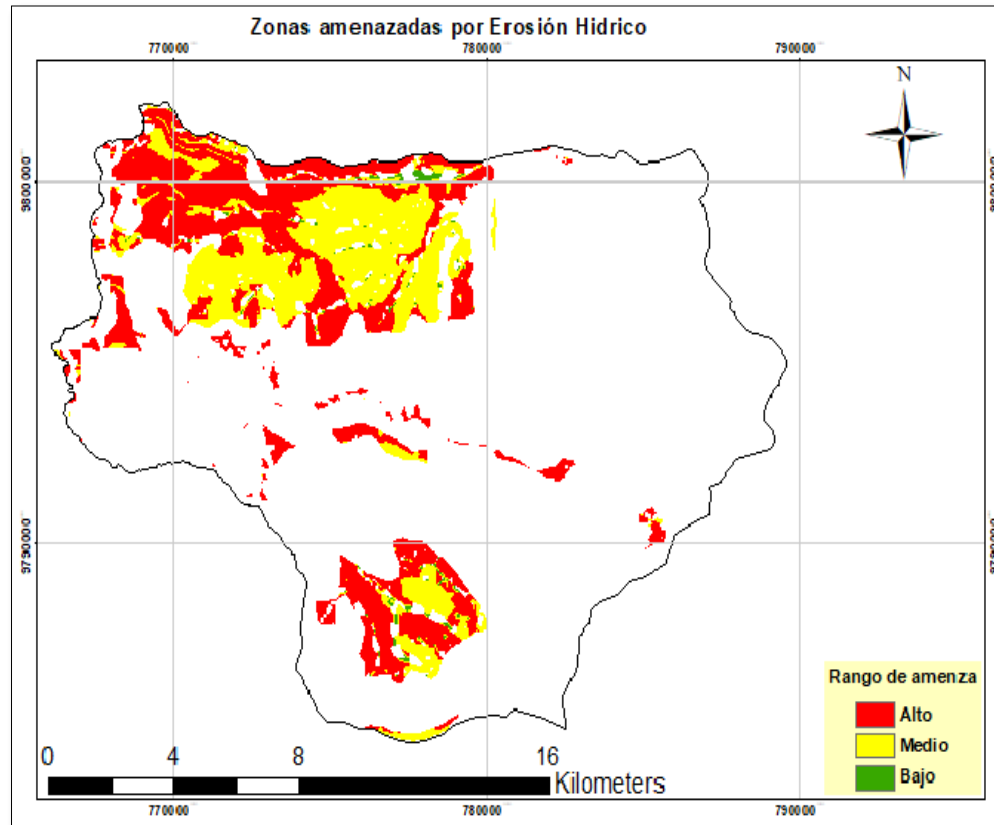
Se determina que en las zonas de recarga hídrica de la parroquia Pungalá existe una recarga 717,82 mm/año y un volumen total de recarga 47'714.415,32 m3 en los 66'471.200,00 m2 de superficie.

Amenaza por deslizamiento



Las zonas con alto grado de amenaza por deslizamiento presentan pendientes mayores a 20 % con cubierta vegetal de pasto y eriales y precipitaciones que van desde 1044 hasta 1201 mm., cubren una superficie total de 290,8 ha., distribuidos en las siguientes comunidades: Peltetec con 0,111841 ha., Llugshibug con 0,157969 ha., San Francisco con 11,319515 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.

Amenaza erosión hídrica



Las zonas con alto grado de amenaza por erosión hídrica comprenden un área de 3442,35 ha., que corresponde al 55,76 % de área total, se distribuye en las siguientes comunidades: Shanaicún con 0,215606 ha., Calquis con 3,470002 ha., Puctus con 11,42463 ha., Apuñag con 7,550737 ha., Chimbacalle con 13,004146 ha., Melán con 43,045312 ha., Gaunán con 31,694999 ha., Puninguyco con 79,374325 ha., Alao Llactapamba con 130,062539 ha., San Francisco 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.,

Discusión

Los páramos de la parroquia Pungalá tienen una recarga anual de 717,82 mm/año, estos resultados son similares a los reportados (Valdospinos, 2019), en su estudio de recarga potencial del acuífero

de la subcuenca del Río Chambo bajo una perspectiva de la hidrología física, menciona 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 precipitaciones que bordean de 1000 a 1200 mm y una producción de agua de 750 mm/año, que son valores similares a los reportados en la presente investigación.

Respecto a la amenaza por deslizamiento la 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, Purunhuayco, 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.

Los resultados de la amenaza erosión hídrica son corroborados (Chitalogro y Llamatumbi, 2021), quien indica la microcuenca del río Chibunga, 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), Indica 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.

Conclusiones

La recarga hidrica en los paramos de la parroquia Pungala es de 717,82 mm/año con un volumen total de recarga 47'714.415,32 m³ en los 66'471.200,00 m² de superficie, que garantiza la provision de agua para las comunidades rurales y ciudades que se ubican por debajo de la cuenca del río Alao.

Las zonas con alto grado de amenaza por deslizamiento cubren una superficie total de 290,8 hectáreas, se ubican al noreste, centro y suroeste de la parroquia y se presentan como polígonos

cercanos a la intervención antrópica, específicamente se asocian al cambio de usos de suelo de cobertura vegetal natural a tierras destinadas para agricultura.

Las zonas con alto grado de amenaza por erosión hídrica comprenden un área de 3442,35 hectáreas y se ubican al norte y sur de la parroquia, ya que presentan pendientes pronunciadas con vegetación herbácea y arbustiva, por lo que las zonas ameritan un manejo adecuado.

Referencias

1. **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>.
2. **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>.
3. **BUYTAERT, W et al.** "Human impact on the hydrology of the Andean páramos". *Earth-Science Reviews* [en línea], 2006 (Ecuador) vol 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.
4. **CALERO , P.A.** 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>.
5. **CHITALOGRO YÁNEZ, Viviana Anbel, & LLAMATUMBI PAILLACHO, Evelyn Thalia.** 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/handle/51000/677%0Ahttp://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/1381/1/UNACH-EC-AGR-2016-0002.pdf>.

6. **GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL PUNGALÁ.** Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado de la Parroquia Rural de Pungalá. [en línea], 215, Riobamba. [Consulta: 11 octubre 2020]. Disponible en:[http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826440001_PDO T GADPR PUNGALA_27-10-2015_08-33-18.pdf](http://app.sni.gob.ec/sin-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/0660826440001_PDO_TGADPR_PUNGALA_27-10-2015_08-33-18.pdf)
7. **GOBIERNO MUNICIPAL DEL CANTÓN RIOBAMBA.** PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN RIOBAMBA. [en línea], Riobamba, Ecuador .2020. pp. 23-71. [Consulta: 31 marzo 2021]. Disponible en: <http://www.gadmriobamba.gob.ec/index.php/descarga/plan-pdyot-2020-2030>.
8. **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, Ibarra. Ecuao. 2018. [Consulta: 2021-05-04]. Disponible en: [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8654/1/03 RNR 294 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8654/1/03_RNR_294_TRABAJO_DE_GRADO.pdf).
9. **LARA-Vásconez, N. X., Cushquicullma-Colcha, D. F., Guaiña-Yungán, J. I., Espinoza, V.M., & Ati Cutiupala, G. M.** (2021). 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*, 6(6), 122–148. <https://doi.org/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>.
10. **MENA VÁSCONEZ, Patricio & HOFSTEDE, Robert.** 2006. “Los páramos ecuatorianos”. *Botánica Económica de los Andes Centrales* [en línea], 2006, (Bolivia) 91(109). pp.1-19. [Consulta: 15 noviembre 2020]. Disponible en: http://www.beisa.dk/Publications/BEISA_Book_pdfer/Capitulo_06.pdf.

11. **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>.
12. **ORTEGA ARCINIEGAS, 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) vol. 18(3), pp. 250-280. [Consulta: 01 febrero 2021]. ISSN 1996-5389. Disponible en: <http://www.revistas.upagu.edu.pe/index.php/PE/article/view/545/486>.
13. **SCHOSINSKY, G. & LOSILLA, M.** “Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual”. *Revista Geológica de América Central* [en línea], 2000, (Costa Rica) 1(23), pp. 44-45. [Consulta: 27 enero 2021]. ISSN 0256-7024. DOI 10.15517/rgac.v0i23.8579. Disponible en: <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/8579-Texto del artículo-12170-1-10-20130410.pdf>.
14. **SCHOSINSKY, G.** “Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos”. *Revista Geológica de América Central* [en línea], 2006, (Costa Rica) 1 (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 del artículo-6522-1-10-20121206 \(4\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/4223-Texto del artículo-6522-1-10-20121206 (4).pdf).
15. **VALDOSPINOS ANDRADE, A.** “Recarga Potencial 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. [Consulta: 2021-06-01]. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21034>.