



Sitios potenciales de cosecha de agua escorrentia para uso agropecuario, Cuenca del Alto Pozuzo, Perú

Potential sites of scorrentia water harvesting for agricultural and livestock use, Upper Pozuzo Basin, Peru

Locais potenciais para a recolha de água de scorrentia para uso agrícola, Bacia do Alto Pozuzo, Peru

ARTÍCULO ORIGINAL




Escanea en tu dispositivo móvil
o revisa este artículo en:

<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i22.254>

Danilo Dusan Bukvich Echevarria¹ 
dbukviche@undac.edu.pe

Hitlser Juan Castillo Paredes¹ 
hcastillop@undac.edu.pe

Alina Mabel Zafra Trelles² 
azafra@unitru.edu.pe

Moisés Agustín Cristóbal¹ 
magustinc@undac.edu.pe

¹Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión, Pasco, Perú

²Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú

Artículo recibido 30 de noviembre 2023 / Arbitrado 20 de diciembre 2023 / Publicado 20 de enero 2024

RESUMEN

El agua es indispensable en la producción agropecuaria. **Objetivo.** Aplicar un modelo geoespacial para identificar zonas con aptitud para la cosecha de agua de escorrentía dentro de la cuenca del Alto Pozuzo, en Perú. **Materiales y Métodos.** Los insumos lo constituyeron el Modelo Digital de Elevación a resolución de 5 metros, ráster del contenido de arcilla de los suelos en (g/kg) y el ráster de la clasificación de usos de suelo. **Resultados.** Con la simulación geoespacial se determinó que el 2,488% tiene una capa ráster de pendiente óptima (solo el 11,805% de la cuenca), se identificaron 273 396 cauces con orden uno de densa red hídrica, y con capa ráster de ponderación morfométrica óptima el 3,502%. **Conclusiones.** Las zonas con aptitud para la cosecha de agua de escoarrentía obtenidas fueron 303 óptimas y 1 144 muy adecuadas; de los sectores de Chontabamba, Chacos, tramo Oxapampa-Huancabamba, el Anturachi y Mayanpampa.

Palabras clave: Agua de escorrentía; Cosecha de agua; Modelo geoespacial; Modelo digital de elevación

ABSTRACT

Water is essential in agricultural production. **Objective.** Apply a geospatial model to identify areas suitable for harvesting runoff water within the Alto Pozuzo basin, in Peru. **Materials and Methods.** The inputs were the Digital Elevation Model at a resolution of 5 meters, a raster of the clay content of the soils in (g/kg) and the raster of the land use classification. **Results.** With the geospatial simulation, it was determined that 2.488% have a raster layer of optimal slope (only 11.805% of the basin), 273,396 channels were identified with order one of dense water network, and with a raster layer of optimal morphometric weighting 3.502 %. **Conclusions.** The areas with suitability for harvesting runoff water obtained were 303 optimal and 1,144 very suitable; of the sectors of Chontabamba, Chacos, Oxapampa-Huancabamba section, Anturachi and Mayanpampa.

Key words: Runoff water; Water harvesting; Geospatial model; Digital elevation model

RESUMO

A água é essencial na produção agrícola. **Objetivo.** Aplicar um modelo geoespacial para identificar áreas adequadas para captação de água de escoamento na bacia do Alto Pozuzo, no Peru. **Materiais e métodos.** As entradas foram o Modelo Digital de Elevação com resolução de 5 metros, um raster do teor de argila dos solos em (g/kg) e o raster da classificação do uso do solo. **Resultados.** Com a simulação geoespacial foi determinado que 2,488% possuem camada raster de declividade ótima (apenas 11,805% da bacia), foram identificados 273.396 canais com ordem um de rede de água densa, e com camada raster de ponderação morfométrica ótima 3,502%. **Conclusões.** As áreas com aptidão para captação de água de escoamento superficial obtidas foram 303 ótimas e 1.144 muito adequadas; dos setores de Chontabamba, Chacos, trecho Oxapampa-Huancabamba, Anturachi e Mayanpampa.

Palavras-chave: Água de escoamento; Captação de água; Modelo geoespacial; Modelo de elevação digital

INTRODUCCIÓN

La disponibilidad del recurso hídrico es un factor determinante en la producción agropecuaria, por ello se constituye como elemento integrador en la cuenca y debe de ser exequible (1). Esto puede atribuirse a su necesidad para la sostenibilidad de la productividad y su escasez durante los periodos de estiaje. Desde esta perspectiva, existen investigaciones para la recolección de agua de lluvia en Irán (2), estanques con este fin en Jordania (3), sistemas de almacenamiento y captación de agua en el Chaco de Paraguay (4), mitigación de la sequía en la zona del corredor seco de Nicaragua (5) y cosecha de agua de lluvia en Sudamérica (6,7). Cada caso constituye ejemplo de acciones llevadas a cabo para solventar la escasez de agua.

Con este fin, en Perú también se siembra y cosecha el agua. Esto tiene antecedentes históricos como los “Huachaques” en la costa norte, las “Qochas” en las zonas altoandinas y los “Waru Waru” en el Altiplano (8). Se realizaba mediante procedimientos ancestrales, como la construcción y manejo de amunas, cochas y bofedales, entre otros sistemas. La siembra consistía en recolectar el agua de lluvia y el agua de escorrentía superficial para infiltrarla en los acuíferos. La cosecha se realizaba a través de manantiales o en los ríos, y a través de la construcción de pozos y galerías.

En la actualidad este tema sigue siendo importante para la sostenibilidad agropecuaria y alimentaria en Perú. Además, la incidencia del cambio de climático, ha despertado la necesidad de suplir el déficit hídrico con conocimientos ancestrales (9); para conservar tierras de cultivos, reducir riesgos de seguridad alimentaria y condiciones de pobreza (10). A partir de ello, una de las técnicas de fácil implementación, que se adapta a fuertes irregularidades en periodos de lluvias y que permite acumular grandes volúmenes de agua, es la cosecha de agua de escorrentía superficial (11).

Ante esta necesidad, resulta significativo identificar sitios potenciales de cosecha de agua de escorrentía. Con su implementación se constituiría una reserva de agua para la época de estiaje, en donde el reparto de las precipitaciones condicionan la vegetación en función del grado de pendiente e infiltración (12), para poder sostener la producción agropecuaria sin recurrir a deforestar el bosque (13).

En este sentido se analiza como propuesta la reserva de biósfera Oxapampa Asháninka Yánesha, ubicada en la unidad hidrográfica del Alto Pozuzo, al lado oriental de la cordillera de los Andes, en Perú. Esta se destaca por su diversidad agrícola y ganadera, con la presencia de cultivos como el ají, rocoto, granadilla, caigua, zapallo, frejol, maíz, yuca, palta y la crianza de

vacunos para la producción de carne y lácteos. Tiene además, un clima templado húmedo, debido a la influencia del anticiclón del Atlántico sur, al encontrarse en la zona de convergencia intertropical y los vientos alisios del noreste que aportan alta humedad (14); lo que hace que sean más intensa la corriente de chorro hacia el sur de diciembre a marzo (15). En la zona se presenta un periodo lluvioso, con precipitaciones mensuales que oscilan entre 96 a 254 mm y un periodo seco donde las precipitaciones presentan rangos entre 45 a 14 mm; se destacan los meses de junio y julio por presentarse más escasez en precipitación; asimismo resaltan los periodos 2001 al 2005 y del 2015 al 2021 por sus precipitaciones anuales con tendencia decreciente (16–18).

A partir de esto, la investigación tiene como objetivo aplicar un modelo geoespacial para identificar zonas con aptitud para la cosecha de agua de escorrentía dentro de la cuenca del Alto Pozuzo, en Perú.

MATERIALES Y MÉTODOS

Zona de estudio

El área en estudio es la unidad hidrográfica del Alto Pozuzo (código 49928), según la clasificación Pfafstetter, es de orden 5; pertenece a la cuenca del río Pachitea (orden 4) (19). La cuenca tiene una extensión de 191 503,369 hectáreas (20), su altitud que va de 711 a 5028 m s. n. m. (21); limita por el este con el Parque Nacional Yanachaga Chemillen; las aguas discurren de sur a norte, donde se destacan los ríos Chorobamba y Huancabamba, los cuales forman el río Pozuzo. Políticamente se encuentra en la región de Pasco, comprende los distritos de Chontabamba, Oxapampa, Huancabamba y Pozuzo en la provincia de Oxapampa; así como parte del distrito de Huachón en la provincia de Pasco; donde se encuentra el nevado Huaguruncho en este distrito, cuya altitud supera los 5000 m s. n. m. (22) Figura 1.

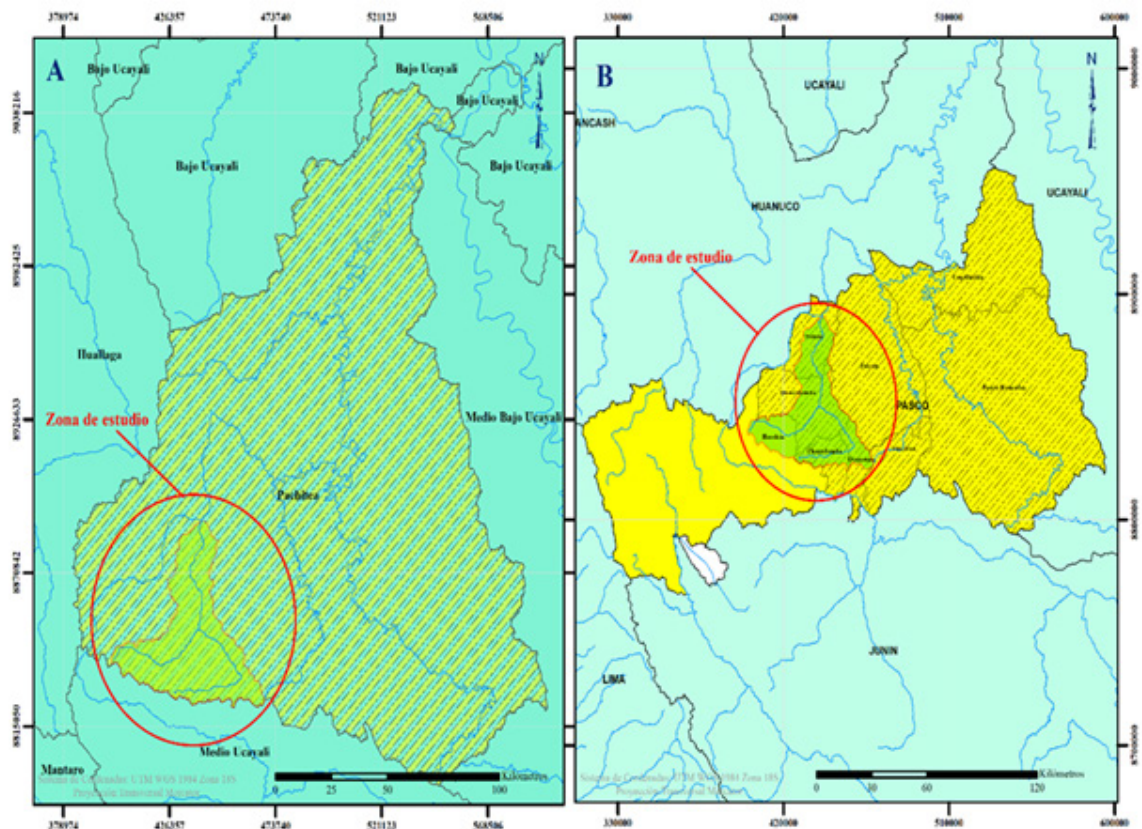


Figura 1. Mapas de ubicación de la unidad Hidrográfica del Alto Pozuzo. (A) Mapa de ubicación de la unidad hidrográfica del Alto Pozuzo, dentro de la cuenca del río Pachitea. Fuente: Sistema Nacional de Información de Recursos Hídrico (20); (B) Mapa de ubicación política de la unidad hidrográfica del Alto Pozuzo. Fuente: Portal infraestructura de datos geoespaciales (23).

Insumos geoespaciales para el desarrollo del modelo

Para la identificación de sitios potenciales de cosecha de agua de escorrentía, se utilizó el modelo geoespacial planteado por Ríos y Benegas Negri (5). Este modelo fue desarrollado en Centroamérica y se basa en condiciones de pendiente, morfometría, contenido de arcilla y uso de suelos. Para su modelamiento se requiere como se muestra en la Figura 2 de los siguientes insumos: Modelo Digital de Elevación

(DEM), con una resolución de cinco metros, descargado de la plataforma ALOS Global Digital Surface ModelAW3D30, desarrollado por Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) (21); Ráster del contenido de arcilla (g/kg), descargado de la plataforma SoilGrids versión 2020 (24); y Ráster de uso de suelos, del proyecto “Copernicus Global Land Cover Layers: CGLS-LC100 Collection 3” (25), descargado por intermedio de Google Earth Engine.

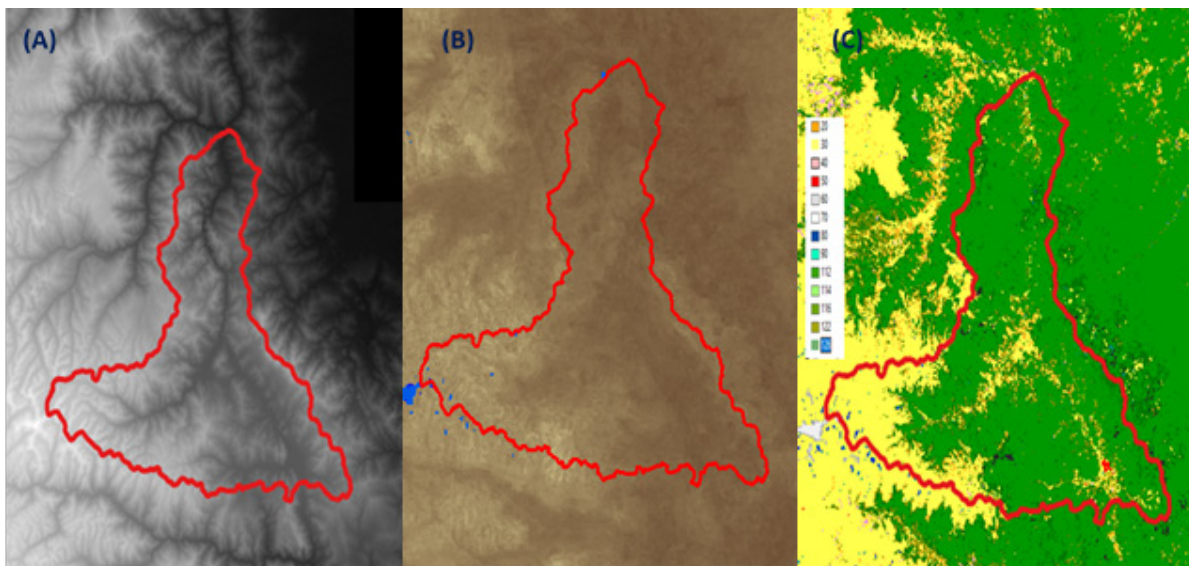


Figura 2. Insumos del modelo geoespacial de identificación de sitios potenciales de cosecha de agua de escorrentía. (A) DEM extraído de: Conjunto de datos | ALOS@EORC (jaxa.jp); (B) ráster contenido de arcilla (g/kg), extraído de: SoilGrids250m 2.0; (C) ráster uso de suelos extraído de: Google Earth Engine (26).

Procesamiento del Modelo Digital de Elevación (DEM)

Para el procesamiento se utilizó el software Qgis en su versión 3.16, con el Sistema Automatizado para el Análisis Geocientífico (SAGA); se realizó, un relleno de depresiones del DEM crudo, para lo cual se aplicó el algoritmo de Wang y Liu, por su adaptación a altas resoluciones, conservar la gradiente de pendiente y ser un proceso corto (27).

Posterior a ello, el procesamiento del DEM relleno, se dividió en tres etapas; la primera etapa considera la obtención del ráster de

pendientes, para ello se aplicó el método de cálculo de pendiente de Zevenbergen y Thorne (28). En la segunda etapa se utilizó el DEM relleno para la obtención de la red hídrica de orden uno (método Strahler), con el cual se determinó las distancias euclidianas en metros de dichos causes. El procesamiento se realizó en Qgis 3.16, donde se aplicó las herramientas de SAGA; en la secuencia de: flow dirección, flow acumulación, arroyos orden 1; para luego con la herramienta de GRASS determinar la distancia euclidiana Figura 3.

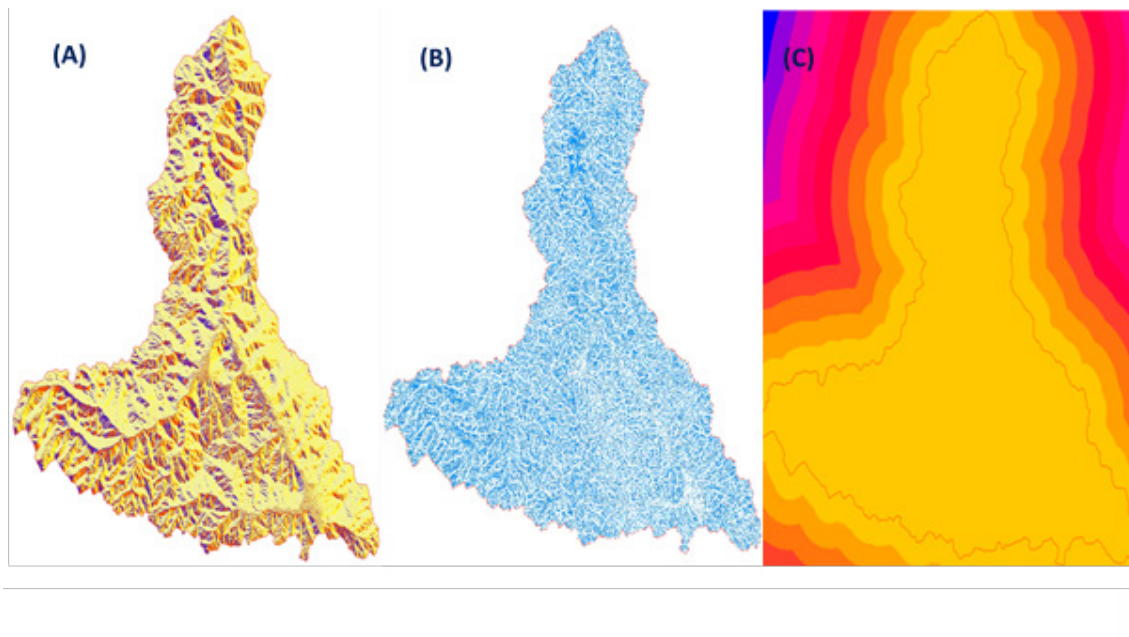


Figura 3. Procesamiento de la capa distancia euclidiana. (A) Dirección de flujo, (B) Red hídrica de orden uno, clasificación Strahler, (C) Distancia Euclidiana. Fuente: elaborado a partir del DEM de resolución de cinco metros descargado de Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA)(21).

La tercera etapa, utilizó como insumos los productos de las dos etapas anteriores, para realizar un análisis multicriterio con ponderación de 50% y 50% para ambas capas ráster, del cual se obtuvo la capa pendiente-morfometría (5). En la zona de estudio la fisiografía de montaña con relieve extremadamente quebrado, presenta una densa cantidad de cauces de orden 1; por ende, la distancia euclidiana no fue una capa dirimente en el modelo geoespacial; dado que los cauces de dicho orden no se separan más de 50 metros.

Procesamiento del ráster uso de suelos

La capa de uso de suelos de CGLS-LC100 requirió una adaptación a la escala planteada por Ríos y Benegas Negri (5); por ello, se desarrolló

una independiente priorización de usos de suelos para cosecha de aguas, dado que la zona tiene características propias. Se consideró aptitud muy baja (inaceptable) a zonas urbanas, de nieve perenne y masas de agua; aptitud baja (aceptable) a los bosques cerrados perennes; aptitud media (adecuado) a arbustos, humedales herbáceos y bosque cerrado perenne; aptitud alta (muy adecuado) a zonas de vegetación escasa y bosques degradados; aptitud muy alta (óptimo) a zonas de herbáceas, cultivos temporales, bosque abierto con mezcla de arbustos y bosque abierto deteriorado. En la priorización destacaron los bosques cerrados perennes con el 64,56%, los herbáceos 16,7% y el bosque degradado con 9,63% Figura 4.

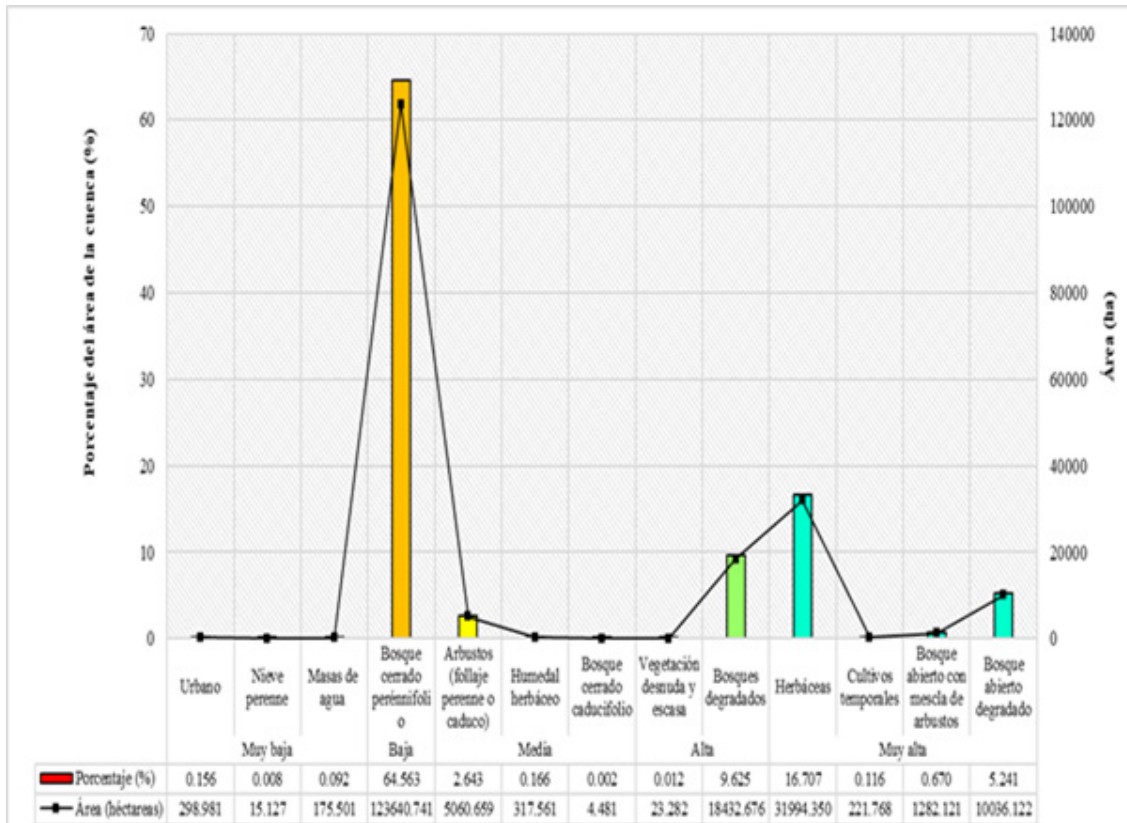


Figura 4. sReclasificación del ráster uso de suelos, por prioridades de uso para la cosecha de agua. Las áreas fueron obtenidas con la identificación de los usos de suelos en la cuenca con el ráster de “CGLS-LC100 Collection 3” (25,26,29).

Identificación de sitios para la cosecha de agua de escorrentía

En una primera fase, se reclasificaron las capas ráster con la herramienta GRASS de Qgis 3.16, se consideró la escala ponderada planteada por Ríos y Benegas Negri (5), en donde 1 es inaceptable y 5 óptimo Tabla 1. El procesamiento de reasignación de valores agrupados, se aplicó a los ráster con

valores continuos; como la capa pendiente, cuyos valores oscilan de 0 a 82,71% y la capa contenida de arcilla con valores de 0 a 355 g/kg. La capa distancia euclidiana se clasificó como óptima dada su condición y la capa de uso de suelos, al ser un ráster con valores discretos, fue previamente adaptada a la escala Figura 5.

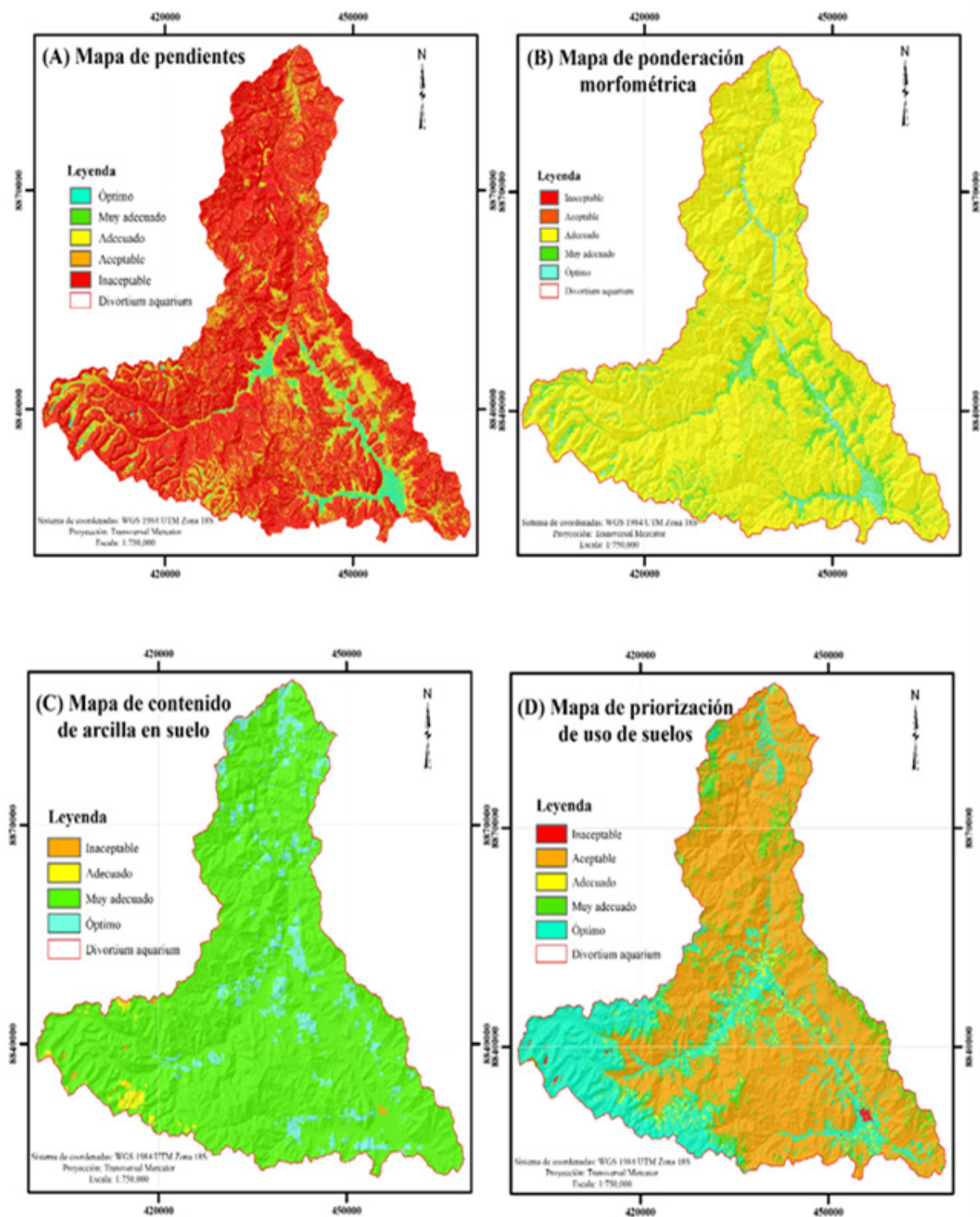


Figura 5. Mapas de los insumos del modelo geoespacial reclasificados. Los insumos para la obtención de las capas ráster: (A) y (B) derivan del DEM descargado de Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA) (21), (C) ráster de contenido de arcilla (24) y (D) ráster de uso de suelos (25).

Identificación de sitios para la cosecha de agua de escorrentía

Las capas ráster reclasificadas de: contenido de arcilla, uso de suelos y pendiente-morfometría; fueron procesadas por análisis multicriterio con ponderación de 30, 30 y 40% respectivamente (5). Los resultados se expresaron en una escala en la cual e valor de uno se considera inaceptable

y cinco óptimo. En función de dicha escala se marcaron zonas de aptitud para la cosecha de agua de escorrentía, en las cuales se determinaron los centroides de cada una de las zonas, en coordenadas UTM; para ser consideradas puntos potenciales para la instalación de cosecha de agua de escorrentía.

Tabla 1. Categorización de insumos del modelo geoespacial.

Escala	Pendiente (%)	Distancia a red hídrica (metros)	Contenido arcilla (g/kg)	Uso*	Categorización de sitios
1	> 20	>200	0	Urbano, nieve y masas de agua.	Inaceptable
2	10-20	200	0-100	Bosque cerrado perenne.	Aceptable
3	5-10	150	100-200	Arbustivas, bosque cerrado caducifolio y humedal herbáceo.	Adecuado
4	3-5	100	200-300	Escasa vegetación y bosques degradados.	Muy adecuado
5	< 3	50	>300	Herbáceas, cultivos temporales, bosque abierto con mezcla de arbustos y pastos.	Óptimo

Nota. *Las descripciones de uso son correspondientes a las descripciones de la capa uso de suelos de "CGLS-LC100 Collection 3". Fuente: adaptado de Ríos y Benegas Negri (5).

RESULTADOS

Del análisis de la imagen DEM, se obtuvo como producto la capa ráster de pendiente, en donde se identificó 4 764,731 ha con pendientes óptimas (inferior al 3%); lo cual no es muy significativo al considerarse las 191 503,369 ha de la cuenca del Alto Pozuzo, dado que el 67,14% es inaceptables, el 21,056% aceptable, 7,036% adecuado, 2,281% muy adecuado y 2,488% óptimo Figura 6. Se debe tener en cuenta que para la captación del agua de escorrentía, se considera prudente instalar

esta tecnología en zonas con pendientes de hasta 10% (5), solo el 11,805% de la cuenca puede ser considerado con posibilidad elección para la cosecha de agua.

En zonas sin pendiente, el agua tiende a infiltrarse o encharcarse en función de la saturación hídrica del suelo, en zonas de mayor pendiente las aguas de escorrentía tienden a ganar mucha energía cinética, pero con pendientes mínimas del 3 al 10%, se puede captar mayor cantidad de agua de escorrentía (3).

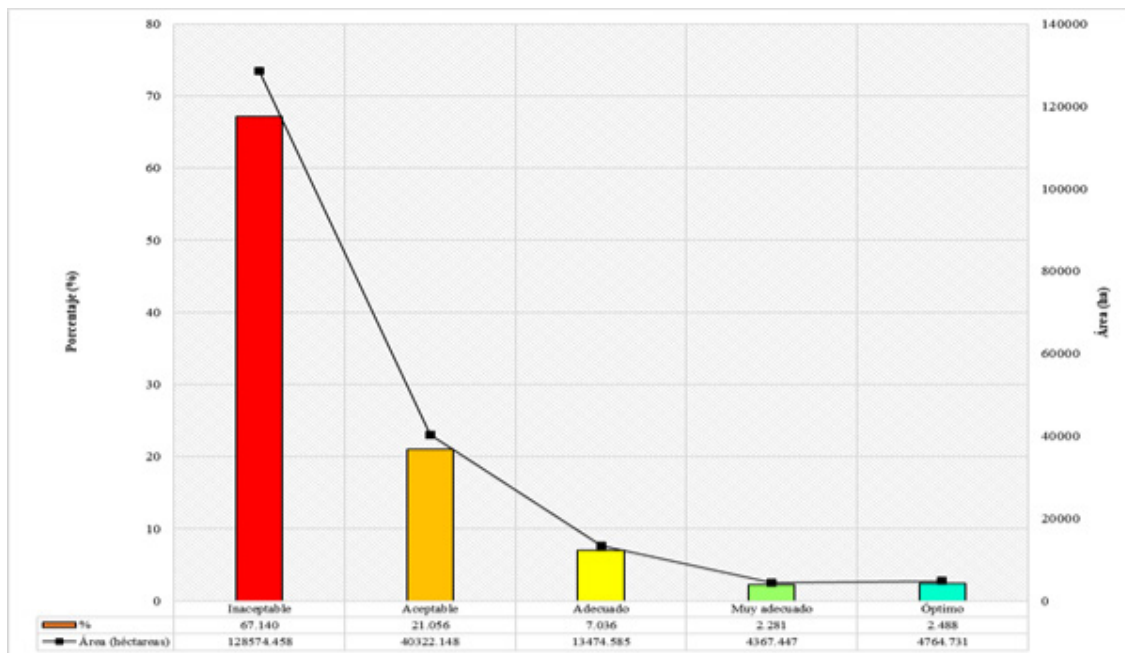


Figura 6. Clasificación de las pendientes en la cuenca del Alto Pozuzo.

Un segundo análisis de la imagen DEM, fue la determinación de la red hídrica con orden uno, en donde se identificó 273 396 cauces de dicho orden, los cuales son sinónimo de una densa red hídrica, típica de relieves quebrados; por ello cuando se determinó las distancias euclidianas, según la metodología planteada por Ríos y Benegas Negri (5), la cuenca del Alto Pozuzo en su totalidad fue considerada como zona óptima, porque la distancia entre los cauces de orden uno no superan los 50 m.

De esta primera fase se obtuvo la capa ráster de ponderación morfométrica, la cual

es el resultado del análisis de la superposición ponderada de los ráster pendientes y distancias a la red hídrica de orden uno. En este nuevo ráster, se puede identificar que solo el 3,502% es óptimo, lo que equivale a 6 706,592 ha de la cuenca; se destaca el predominio de las zonas adecuadas con un 85,157% y que las zonas inaceptable y aceptable son las más bajas con 0,001 y 0,053% respectivamente Figura 7.

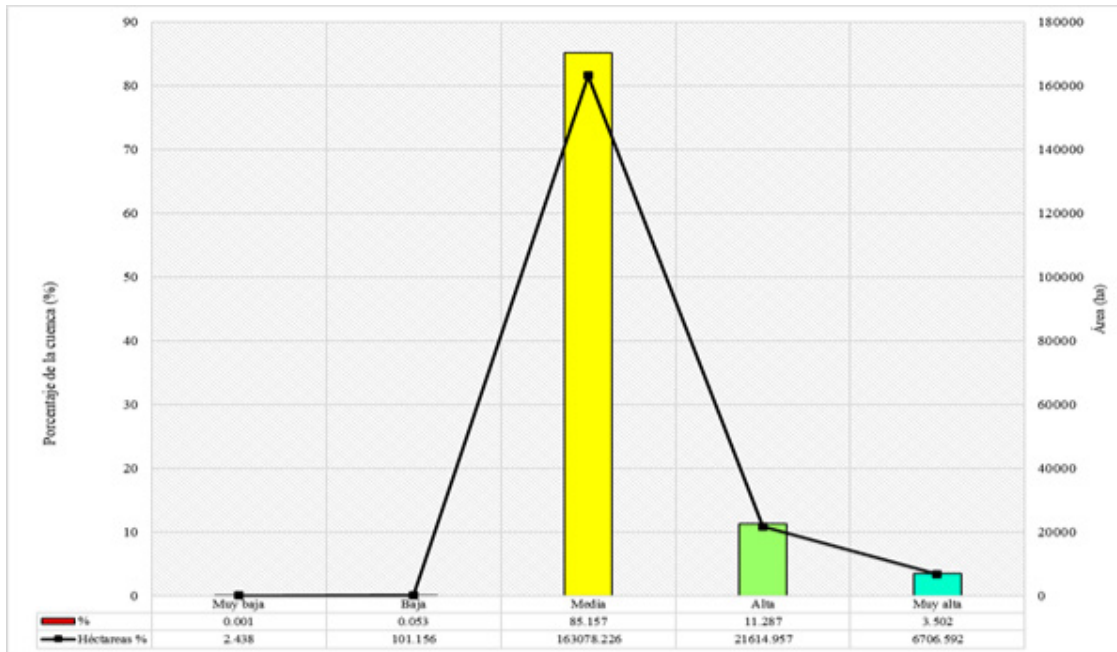


Figura 7. Ponderación morfométrica en la cuenca del Alto Pozuzo.

La capa ráster de arcilla reclasificada, es un criterio que determina la permeabilidad de la superficie lo que evita lo más posible la infiltración del agua de escorrentía; en la cuenca predominan las zonas con contenidos de arcilla superiores a los 100 g de arcilla por kg suelo (aptitud media a muy alta), escasamente se presenta zonas con contenidos casi nulos de arcilla, los cuales se ha evidenciados en cuatro zonas al suroeste de la cuenca y una zona hacia el sureste que corresponde a los suelos fluviales de los ríos San Alberto y San Luis (sector de Miraflores, la Oxapampa).

El contenido de arcilla que predomina en la cuenca fue entre 200 y 300 g de arcilla por kg suelo, el cual constituye el 91,088% de la superficie en la cuenca; seguido por zonas de condiciones óptimas con valores que superan los 300 g de

arcilla por kg suelo, el cual constituye el 7,814% de la cuenca; también resaltan, al suroeste de la cuenca los valores aceptables de arcilla (entre 100 a 200 g de arcilla por kg suelo), en un área de 1715,653 ha (0.896% de la cuenca). Las condiciones inaceptables solo representan el 0,203% de la superficie en la cuenca y no se han identificadas zonas aceptables Figura 8.

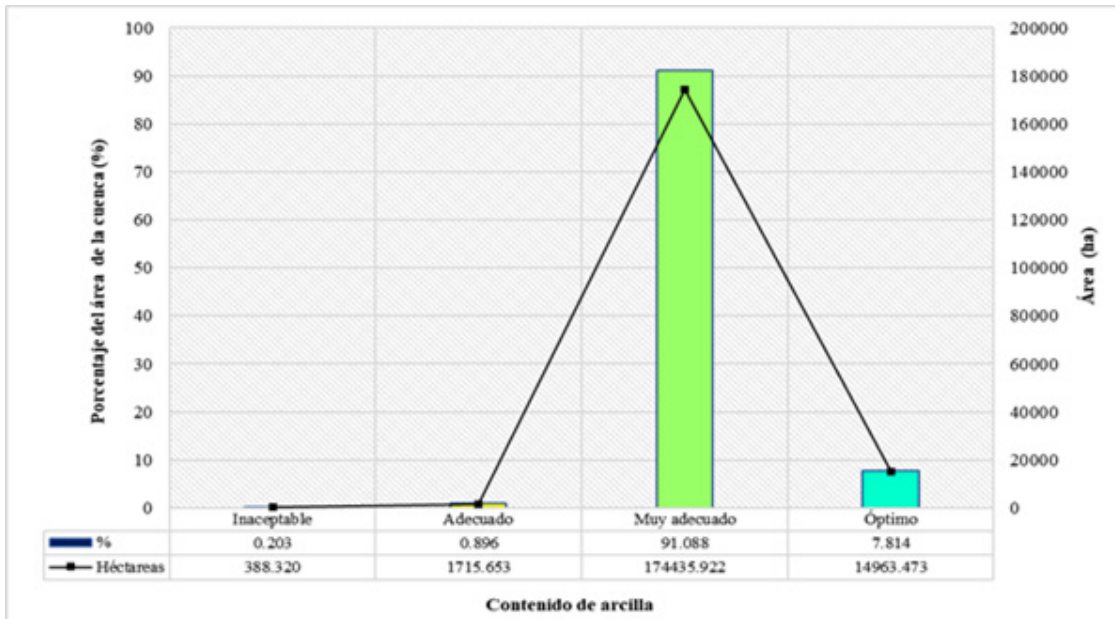


Figura 8. Variación del contenido de arcilla en la cuenca del Alto Pozuzo.

Del mapa de uso de suelos, se identifica la predominancia de zonas aceptables con 123 640,741 ha (64,563% de la cuenca), seguido de las zonas óptimas con 43 534,360 ha (22,733% de la cuenca); también, destacan las zonas muy

adecuadas con 18 455,958 ha (9,637% de la cuenca). Las zonas adecuadas son 5 382,700 ha (2,811% de la cuenca) y solo 489,608 ha (0,256% de la cuenca) son zonas inaceptables Figura 9.

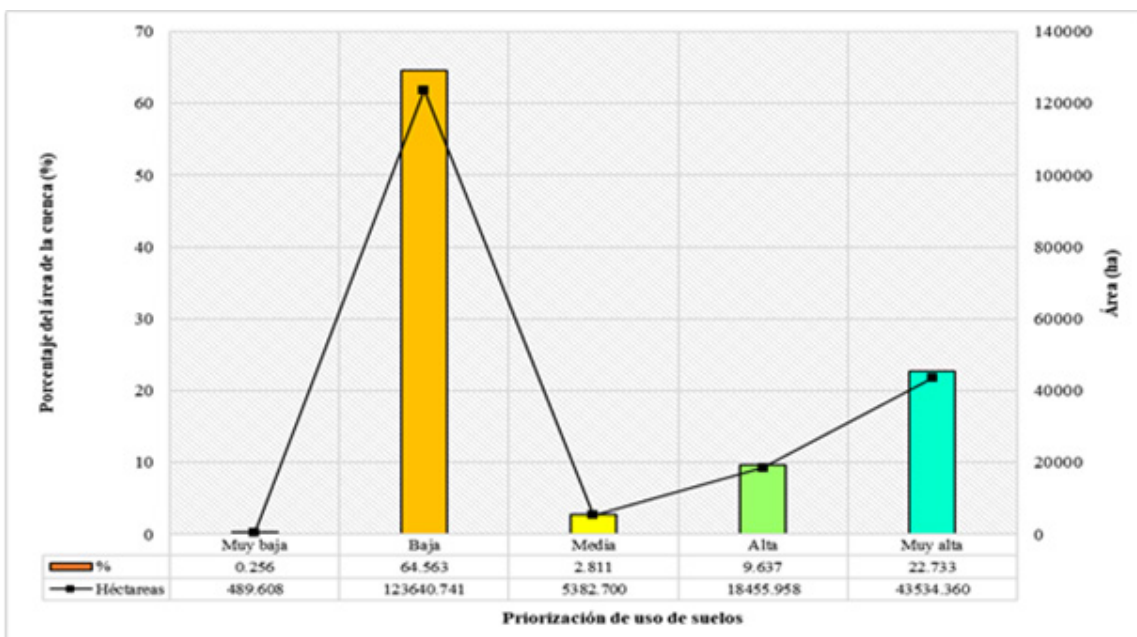


Figura 9. Priorización de uso de suelos en la cuenca del Alto Pozuzo.

Como resultado del modelo geoespacial utilizado, se obtuvo el ráster de sitios potenciales para la cosecha de agua de escorrentía Figura 10; cuyos resultados del modelo se identificaron 2 750,693 ha con aptitud óptima, 64 029,794 ha con aptitud muy adecuada, 124 543,312 ha con aptitud adecuada, 179,570 ha con aptitud aceptable y no se identificaron zonas con aptitud inaceptable.

Destacan las zonas de aptitud aceptable por ser el 65,035% de la cuenca, mientras que las zonas aceptables son la minoría 0,094%; también, es de resaltar que solo el 1,436% de la cuenca lo conforman las zonas óptimas; lo que significa que las zonas con aptitud alta que representan 33,435%; también, deben estas de priorizarse para la instalación de la cosecha de agua.

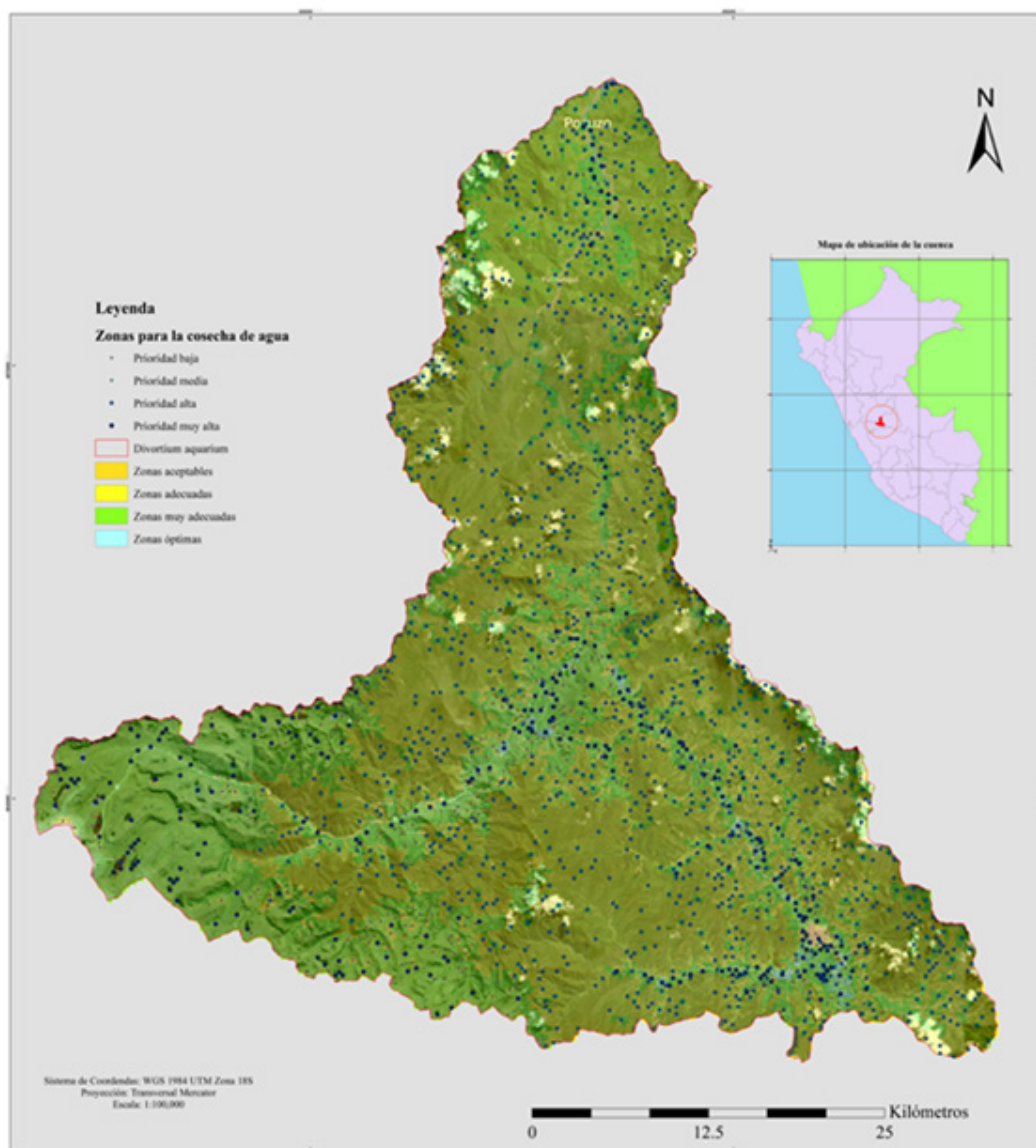


Figura 10. Mapa de sitios potenciales para la cosecha de agua de escorrentía.



Figura 11. Valle del río Chorobamba y posibles zonas para la cosecha de agua. Tomado el 28 de agosto del 2023, en sector la Florida, distrito de Chontabamba; altitud: 1890 m s. n.m., coordenadas este: 453 766,62 m y norte: 8 827 512,90 m (UTM WGS84 18S).

De las zonas visitadas en campo se pudo comprobar como espacios idóneos para retener, almacenar y disponer de estas en época de estiaje, que según Huaccho (30), se podrían crear sistemas de gobernanza y relación territorial en aras del desarrollo agropecuario de la cuenca.

CONCLUSIONES

El modelo geoespacial utilizado permitió identificar 1916 zonas, de cuales 303 son óptimas y 1144 muy adecuadas para la cosecha de agua de escorrentía, donde se destacan los sectores de: Chontabamba, Chacos, Huancabamba, el Anturachi y Mayanpampa por su escasez de recurso hídrico en la época de estiaje, lo cual evidencia la importancia de las zonas privilegiadas por su pendiente no mayor del 5%, contenido de arcilla superior a los 300 g /kg, cercanía no mayor

de 50 metros a la red hídrica de orden uno y un uso de suelos con escasa vegetación, cultivos anuales, pastos y herbáceas.

Del modelo geoespacial planteado por Ríos y Benegas Negri (5), se concluye como un modelo aplicable; pero en zonas donde existe alta densidad de cauces de orden 1, se puede excluir la capa distancia euclidiana, para solo trabajar con pendiente, contenido de arcilla y uso de suelo, sin modificar los porcentajes de ponderación de estos.

CONFLICTO DE INTERESES. Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Vásquez A, Mejía A, Faustino J, Terán R, Vásquez I, Díaz J. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Fondo Editorial-UNALM. Lima; 2016. 646 p. <https://acortar.link/eTAQ7u>

2. Aghaloo K, Chiu YR. Identifying Optimal Sites for a Rainwater-Harvesting Agricultural Scheme in Iran Using the Best-Worst Method and Fuzzy Logic in a GIS-Based Decision Support System. *Water*. 2020;12(7):1913. <https://doi.org/10.3390/w12071913>
3. Al-Adamat R, Diabat A, Shatnawi G. Combining GIS with multicriteria decision making for siting water harvesting ponds in Northern Jordan. *J Arid Environ*. 2010;74(11):1471-7. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2010.07.001>
4. Cabrera A, Harder W, Bareiro de Thiessen D, Servín E, Basabe V. Sistemas de captación y almacenamiento de agua en el Chaco Central. 1.a ed. Irala Fernández M. Asuncion: Universidad Nacional de Asunción; 2021. 75 p. <http://hdl.handle.net/20.500.14066/2782>
5. Ríos N, Benegas L. Herramienta Geoespacial para la identificación y selección de sitios potenciales para construcción de obras de cosecha de agua de escorrentía en el Corredor Seco Centroamericano. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), editor. Turrialba, Costa Rica; 2022. 57 p. <https://acortar.link/wFZp79>
6. Vargas OI, González N, Trujillo J. Análisis de un sistema de cosecha de agua de lluvia a pequeña escala con finalidad pecuaria. *Luna Azul*. 2018; (46):20-32. <https://acortar.link/l2VsTd>
7. Atencio E, Alfaro R, Mamani W. Sostenibilidad de la cosecha de agua pluvial como alternativa de abrevadero para ganado en zona rural del distrito de llave-Perú. *Ñawparisun*. 2022; 4(1):57-65. <http://doi.org/10.47190/nric.v4i1.6>
8. Carrasco A, Gallegos C, Delgado F, Swanson M. Climate change, food sovereignty and ancestral farming technologies in the Andes. *Curr Dev Nutr*. 2021; 5(4): 54-60. <https://acortar.link/45skvg>
9. Durán A, Castro M, Velez H, Briones J, Carrión P, Herrera G, et al. Siembra y Cosecha de Agua (SyCA), técnicas ancestrales que solucionan problemas del siglo XXI. En: 18th LACCEI International Multi-Conference for Engineering, Education and Technology. 2020. <https://acortar.link/RBA4DM>
10. Chávez A, González D. El impacto de los caudales medioambientales en la satisfacción de la demanda de agua bajo escenarios de cambio climático. *Rev Iberoam del Agua*. 2015; 2(1):3-13. <https://doi.org/10.1016/j.riba.2015.04.001>
11. Agencia Zuiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Ministerio de Economía Familiar Comunitaria Cooperativa y Asociativa (MEFCCA). Selección de sitios para establecer sistemas de captación de escorrentía. Nicaragua; 2018. <https://acortar.link/ttq6PI>
12. Salas M, Fernández E, Quintana G, Del Arco M. Efecto de la inclinación y pedregosidad sobre el reparto del agua de lluvia, su cuantificación y aplicación al estudio de la vegetación en zonas áridas. *Investig Geográficas*. 2017; (92):51-63. <https://acortar.link/diDtTx>
13. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Restauración de los Ecosistemas de producción, en el contexto del Decenio de las Naciones Unidas (2021-2030). 2020. (FO:COFO/2020/Inf.7). <https://www.fao.org/3/nd651es/nd651es.pdf>
14. Marengo J, Nicolini M, Douglas M, Silva P. Identificación de casos de jets en niveles bajos, del norte (SALLJ) y del sur (SJ) al este de los Andes durante el verano y otoño 1999. En: *Anales de VIII Congremet y IX Climet*. Buenos Aires; 2001. <https://acortar.link/IRbzqW>
15. Coello J, Calle V. Efecto de la corriente en chorro de bajos niveles en la ocurrencia de precipitación en la Selva del Perú. *Ecol Apl*. 2021;20(2):147-59. <https://acortar.link/tHm1hi>
16. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi). Mapa climático del Perú. Lima. <https://acortar.link/UtRW3p>
17. Correa K, Avalos G, Cubas F, De la Cruz G, Díaz A, Takahashi K. Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático. [Lima]: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [Senamhi]; 2019. <https://acortar.link/Sy4j6r>

- 18.** Castro N, Correa M, Olivares H, Rodríguez F, Ita V, Porras V. Análisis del periodo de lluvias a nivel nacional 2021-2022. 2.a ed. Ochoa M J, Carrillo C J. Lima: Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI); 2022. 47 p. <https://acortar.link/ScR2sm>
- 19.** Benavides I, Sánchez L, Pagador C, Serruto G, Ruiz R, Torres H. Delimitación y codificación de la unidades hidrográficas del Perú. Lima: Autoridad Nacional del Agua (ANA). 2008. <https://acortar.link/N3zXo0>
- 20.** Autoridad Nacional del Agua (ANA). Observatorio Nacional de Recursos Hídricos. 2023. <https://acortar.link/VWehjL>
- 21.** Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA). ALOS Global Digital Surface Model «ALOS World 3D - 30m (AW3D30)». 2023. <https://acortar.link/4N7nog>
- 22.** Instituto del Bien Común (IBC). Monitoreo hidrológico en la cuenca del río Chorobamba. Oxapampa. 2017. p. 36. <https://acortar.link/QQK5Us>
- 23.** Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI). Portal infraestructura de datos espaciales. Lima; 2023. <https://ide.inei.gob.pe/#capas>
- 24.** Poggio L, de Sousa L, Batjes N, Heuvelink B, Kempen B, Ribeiro E. SoilGrids 2.0: producing soil information for the globe with quantified spatial uncertainty. *SOIL*.2021;7(1):217-40. <https://doi.org/10.5194/soil-7-217-2021>
- 25.** Buchhorn M, Lesiv M, Tsendbazar N, Herold M, Bertels L, Smets B. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: collection 3: epoch 2019: Globe. Zenodo. 2020; <https://doi.org/10.5281/zenodo.3939050>
- 26.** Buchhorn M, Smets B, Bertels L, Roo B De, Lesiv M, Tsendbazar N-E. Copernicus Global Land Service: Land Cover 100m: version 3 Globe 2015-2019: Product User Manual. Zenodo; 2021. <https://doi.org/10.5281/zenodo.4723921>
- 27.** Wang L, Gong M, Gong M, Yang R. How Far Can We Go with Local Optimization in Real-Time Stereo Matching. En: Third International Symposium on 3D Data Processing, Visualization, and Transmission (3DPVT'06). Chapel Hill; 2006. 129-36. <https://acortar.link/trOJvl>
- 28.** Zevenbergen L, Thorne C. Quantitative analysis of land surface topography. *Earth Surf Process Landforms*. 1987;12(1):47-56. <https://doi.org/10.1002/esp.3290120107>
- 29.** Buchhorn M, Lesiv M, Tsendbazar N-E, Herold M, Bertels L, Smets B. Copernicus Global Land Cover Layers—Collection 2. *Remote Sens*. 2020;12(6):1044. <https://acortar.link/8lcAiC>
- 30.** Huaccho D. Siembra y cosecha de agua. Crianza del paisaje andino a través de infraestructura natural para la seguridad hídrica. *ARQ*. 2022;(110):72-83. <https://acortar.link/WqT3s1>