

NOMBRE DEL TRABAJO

**CABALLERO HERNANDEZ, EDWIN-T088
A_72202177_T.pdf**

AUTOR

EDWIN CABALLERO HERNANDEZ

RECUENTO DE PALABRAS

20965 Words

RECUENTO DE CARACTERES

116435 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

107 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.8MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 29, 2022 12:45 PM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 29, 2022 12:46 PM GMT-5**● 21% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 21% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 0% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA EN LA
MICROCUENCA SAMINCHENI, PICHANAKI – PERÚ”**

TESIS

Para optar el Título Profesional de
INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER
CABALLERO HERNANDEZ, EDWIN

ASESOR

MARCELINO TARMEÑO, EDGAR AVELINO

Villa El Salvador
2020

DEDICATORIA

A Celinda y Ángel,
brillantes maestros.

AGRADECIMIENTOS

A la asociación Bosque Modelo Pichanaki y el Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura por financiar y hacer posible la realización del presente proyecto, a la vez contribuir en el desarrollo sostenible nuestras comunidades.

A mi asesor de tesis y colaboradores que me tendieron la mano con sus valiosos aportes para juntos alcanzar los objetivos previstos.

A la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur, casa de estudios que me albergo es ente proceso de adquisición de conocimientos que, sin duda, serán valiosos para aportar en el encumbramiento de este país con tanta riqueza natural y cultural.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTOS	III
ÍNDICE	IV
LISTADO DE TABLAS	VIII
LISTADO DE FIGURAS	IX
SIGLAS DE INSTITUCIONES	XI
RESUMEN	XII
ABSTRACT	XIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I	3
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.1. Situación problemática	3
1.2. Planteamiento del problema.....	4
1.2.1. Problema general	4
1.2.2. Problemas específicos.....	4
1.3. Objetivos	5
1.3.1. Objetivo general	5
1.3.2. Objetivos específicos.....	5
1.4. Justificación e importancia de la investigación	5
CAPÍTULO II	7
MARCO TEÓRICO	7
2.1. Antecedentes del problema.....	7
2.1.1. Antecedentes internacionales	7
2.1.2. Antecedentes nacionales.....	8
2.2. Marcos conceptuales	9
2.2.1. Cuenca hidrográfica.....	9

2.2.2.	Microcuenca	11
2.2.3.	Ciclo hidrológico	11
2.2.4.	Aguas superficiales.....	12
2.2.5.	Aguas subterráneas.....	12
2.2.6.	Acuífero	12
2.3.	Bases teóricas	13
2.3.1.	Recarga hídrica	13
2.3.2.	Factores que afectan la recarga hídrica.....	14
2.3.3.	Sistemas de información geográfica	17
CAPÍTULO III.....		19
HIPÓTESIS Y VARIABLES		19
3.1.	Hipótesis general	19
3.2.	Hipótesis específicas	19
3.3.	Identificación de variables	19
3.3.1.	Variables dependientes	19
3.3.2.	Variables independientes	19
CAPÍTULO IV		20
METODOLOGÍA.....		20
4.1.	Localización del área de estudio	20
4.2.	Descripción del área de estudio	21
4.2.1.	Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Samincheni.	22
4.2.2.	Ecología y clima	30
4.2.3.	Hidrología	32
4.2.4.	Fisiografía y uso de suelos	38
4.3.	Descripción de la metodología	42
4.3.1.	Etapas de recopilación y análisis bibliográfico	42
4.3.2.	Fase de campo.....	42

4.3.3. Etapa de laboratorio	43
4.3.4. Etapa de gabinete	43
4.4. Metodología aplicada	44
4.4.1. Caracterización de las zonas con potencial de recarga hídrica.....	44
4.4.2. Modelo propuesto para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica.....	55
CAPÍTULO V	57
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	57
5.1. Generalidades.....	57
5.2. Pendiente.....	57
5.3. Tipo de suelo	60
5.4. Cobertura Vegetal.....	64
5.5. Uso de suelo	67
5.6. Tipo de roca.....	69
5.7. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca.	71
CONCLUSIONES	75
RECOMENDACIONES.....	76
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	78
ANEXOS.....	81
Anexo 1. Precipitación Estación Pichanaki	82
Anexo 2. Caudal de agua en el curso principal	83
Anexo 3. Resumen fotográfico monitoreo calidad de agua.	84
Anexo 4. Ficha de muestreo de suelo.....	85
Anexo 5. Resumen fotográfico del muestreo de suelo.	86
Anexo 6. Análisis de parámetros físico-químicos del suelo.....	87
Anexo 7. Imagen Satelital PERUSAT_1.....	90
Anexo 8. Resumen fotográfico del nivel de pendiente de la microcuenca.....	91

Anexo 9. Resumen fotográfico de la cobertura vegetal de la microcuenca.	92
Anexo 10. Resumen fotográfico del uso de suelo de la microcuenca.....	93
Anexo 11. Matriz de consistencia.....	94

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Áreas parciales y acumuladas de la microcuenca.	23
Tabla 2. Áreas parciales entre curvas de nivel	25
Tabla 3. Rectángulo Equivalente.....	28
Tabla 4. Rangos aproximados del Factor de Forma.....	29
Tabla 5. Coordenadas de medición de caudal.	32
Tabla 6. Equipo utilizado para determinación de calidad de agua.	33
Tabla 7. Puntos de monitoreo de calidad de agua.	34
Tabla 8. Resultados de calidad de agua.	35
Tabla 9. Capacidad de uso mayor de suelos.	39
Tabla 10. Principales productos por superficie cosechada.....	39
Tabla 11. Resultados de calidad de suelo.....	41
Tabla 12. Ponderación de la recarga hídrica según el nivel de pendiente.	46
Tabla 13. Ponderación de la recarga hídrica según textura.	51
Tabla 14. Ponderación de la recarga hídrica según tipo de roca.....	52
Tabla 15. Ponderación de la recarga hídrica según uso de suelo.	53
Tabla 16. Ponderación de la recarga hídrica según la cobertura vegetal.	54
Tabla 17. Clasificación del potencial de recarga hídrica.....	56
Tabla 18. Distribución del tipo de pendiente.....	57
Tabla 19. Resumen de muestras de suelo analizadas.	61
Tabla 20. Posibilidad de recarga según tipo de suelo.	62
Tabla 21. Distribución del tipo de cobertura vegetal en la microcuenca.	65
Tabla 22. Distribución de las zonas con distinto uso de suelo.....	67
Tabla 23. Distribución del tipo de roca en la microcuenca.....	69
Tabla 24. Superficie de las zonas de recarga hídrica.	71
Tabla 25. Promedio de precipitación mensual Estación Pichanaki (mm).....	82
Tabla 26. Cálculo del caudal del curso principal de agua.....	83
Tabla 27. Ficha de muestreo de suelo.	85
Tabla 28. Matriz de consistencia	94

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de interacciones de los elementos de una cuenca hidrográfica	10
Figura 2. Esquema del ciclo hidrológico	12
Figura 3. Ubicación del área de estudio.	20
Figura 4. Acceso al área de estudio.	21
Figura 5. Reclasificación del DEM de la microcuenca.	22
Figura 6. Grafica de áreas parciales de la microcuenca.....	23
Figura 7. Curva hipsométrica.	24
Figura 8. Polígono de frecuencias de áreas parciales	26
Figura 9. Rectángulo equivalente.....	28
Figura 10. Precipitación mensual – Estación Pichanaki.	31
Figura 11. Resultados de conductividad Eléctrica del agua.	35
Figura 12. Resultados de concentración de sólidos totales disueltos.	36
Figura 13. Resultados de pH.....	37
Figura 14. Resultados de Salinidad.....	37
Figura 15. Resultados de temperatura.	38
Figura 16. Metodología empleada.....	45
Figura 17. Triangulo de textura	50
Figura 18. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según pendiente.	59
Figura 19. Potencial de recarga hídrica de la microcuenca Samincheni según el tipo de suelo.....	63
Figura 20. Potencial de recarga hídrica de la microcuenca Samincheni según la cobertura vegetal.	66
Figura 21. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según el uso de suelo.....	68
Figura 22. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según el tipo de roca.	70
Figura 23. Zonas de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.	72
Figura 24. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca.	74
Figura 25. Proporción de las zonas de recarga hídrica.	74

Figura 26. Calibración en campo de multiparámetro Hanna, punto de monitoreo P_03. Microcuenca Samincheni, CPM Las Palmas Ipoki. (22/06/2019).	84
Figura 27. Llenado de hojas de campo, punto P_103. (23/08/2019).	86
Figura 28. Calicata punto P_102. (izquierda).	86
Figura 29. Estudio de perfil del suelo punto P_105 (derecha).	86
Figura 30. Pesado de muestras, Laboratorio Edafología UNTELS (27/08/2019) (izquierda).	87
Figura 31. Toma de lectura con el hidrómetro para determinar textura. (derecha).	87
Figura 32. Determinación de textura de muestras de suelo de la microcuenca. Laboratorio Edafología, UNTELS (28/08/2019).	88
Figura 33. Determinación de densidad real de suelo, Laboratorio Edafología UNTELS (04/09/2019).	88
Figura 34. Determinación de PH del suelo (26/09/2019). (Izquierda).	89
Figura 35. Medición de Conductividad Eléctrica del suelo (28/09/2019). (Derecha).	89
Figura 36. Mapa Satelital	90
Figura 37. Pendiente moderada predominante en la microcuenca.	91
Figura 38. Las partes altas de la microcuenca, se caracterizan por tener mayor pendiente.	91
Figura 39. Presencia de rozos, para el cultivo de kion, cabecera de cuenca con poca cobertura.	92
Figura 40. Zonas de mayor vegetación, por donde existe la presencia de cauces de agua y sin presencia de áreas agrícolas.	92
Figura 41. Cultivo de piña en la microcuenca.	93
Figura 42. Presencia de plantaciones de cítricos en la microcuenca.	93

SIGLAS DE INSTITUCIONES

- ABMPKI:** Asociación Bosque Modelo Pichanaki
- PNIPA:** Programa Nacional de Innovación en Pesca y Acuicultura
- CONIDA:** Agencia Espacial del Perú
- INGEMMET:** Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico
- MINAM:** Ministerio del Ambiente
- ANA:** Autoridad Nacional del Agua
- SENAMHI:** Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal la identificación del potencial de recarga hídrica en el área de la microcuenca Samincheni comprendida dentro del territorio del distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín, la cual tiene una extensión de 620 hectáreas.

La metodología desarrollada fue propuesta por (Matus, 2009) en la que se obtiene el potencial de recarga hídrica a partir del cálculo algebraico de cinco parámetros de la microcuenca: pendiente (Pend), cobertura vegetal (Cve), uso de suelo (Us), tipo de suelo (Ts) y tipo de roca (Tr); todos ellos con una ponderación de uno a cinco, uno para el potencial de recarga hídrica muy bajo y cinco para el potencial de recarga hídrica muy alto. Todos los parámetros fueron mapeados mediante la utilización del software ArcGIS versión 10.5; el mapa de pendiente se desarrolló a partir de un Modelo digital de Elevación (DEM). Las imágenes satelitales PERUSAT-1 en formato multiespectral de 4 bandas y nivel orto rectificado primario, proporcionadas por la Agencia Espacial del Perú – CONIDA, fueron la base para desarrollar los mapas de cobertura vegetal y uso de suelo mediante clasificación no supervisada. El mapa de tipo de suelo se generó a partir de los resultados de textura de suelo, para lo cual desarrolló la toma de muestras de manera aleatoria estratificada en toda la microcuenca y su posterior análisis en laboratorio. La información de formaciones geológicas disponibles en la web del INGEMMET, se tomó para la construcción del mapa de tipo de roca. Finalmente, el mapa de potencial de recarga hídrica en la microcuenca de estudio, se obtuvo a través de la operación algebraica de los parámetros mencionados mediante la siguiente ecuación: $PR = [0,27 (Pend) + 0,23 (Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)]$.

Los resultados obtenidos muestran que en la microcuenca Samincheni predominan las zonas con potencial de recarga hídrica bajo con un 54.8%, mientras que las zonas con potencial moderado y alto representan el 32.8 y 11.8% de la microcuenca respectivamente y por ultimo las zonas con potencial muy bajo apenas cubren el 0.5% del área de estudio.

Palabras clave: Microcuenca, recarga hídrica.

ABSTRACT

The main objective of this research was to identify the potential for water recharge in the Samincheni micro-basin area within the territory of the Pichanaki district, Chanchamayo province, Junín department, which has an area of 620 hectares.

The developed methodology was proposed by (Matus, 2009) in which the water recharge potential is obtained from the algebraic calculation of five parameters of the micro-basin: slope (Pend) , vegetation coverage (Cve), land use (Us), soil type (Ts) , and rock type (Tr) , ; all of them with a weighing of one to five, one for the very low water recharge potential and five for the very high water recharge potential. All the parameters were mapped using ArcGIS version 10.5 software; the slope map was developed from a Digital Elevation Model (DEM). PERUSAT-1 satellite images in 4-band multispectral format and primary orthorectified level, provided by the Peruvian Space Agency - CONIDA, were the basis for developing maps of vegetation cover and land use through unsupervised classification. The soil type map was generated from the soil texture results, for which it developed the randomized sampling stratified throughout the micro-basin and its subsequent laboratory analysis. The information on geological formations available on the INGEMMET website was taken for the construction of the rock type map. Finally, the water recharge potential map in the study micro-basin was obtained through the algebraic operation of the mentioned parameters using the following equation: $PR = [0.27 (Pend) + 0.23 (Ts) + 0,12 (Tr) + 0.25 (Cve) + 0.13 (Us)]$.

The results obtained show that in the Samincheni micro-basin the areas with low water recharge potential predominate with 54.8%, while the areas with moderate and high potential represent 32.8 and 11.8% of the micro-basin respectively and finally the areas with very high potential low barely cover 0.5% of the study area.

Key words: Micro-basin, water recharge.

INTRODUCCIÓN

La microcuenca Samincheni se encuentra ubicada dentro de los límites políticos y geográficos del distrito de Pichanaki, en la selva central del Perú, comprende una extensión de 620 hectáreas en cuyo territorio desarrolla la agricultura como principal actividad socioeconómica.

El hombre ha intervenido sobre los recursos naturales a lo largo de décadas. Con el afán de obtener recursos y como medio de subsistencia los pobladores de esta parte de la selva desarrollan la agricultura de tumba y quema, para ampliar la frontera agrícola, dado que, la fertilidad del suelo es limitada y luego de un periodo de siembras ésta se va perdiendo y necesitan nuevas áreas aptas para desarrollar la agricultura mientras los barbechos que quedaron entran en un periodo de descanso. En el área de estudio se presenta este modelo que consiste en talar los bosques montanos y quemarlos, para obtener un área donde producir alimentos como el kion, café, cacao, etc.; con ello, y tras la pérdida de cobertura vegetal, aparece el grave problema de degradación de suelos.

Dada la pérdida de Cobertura vegetal y degradación de los suelos en cuanto a su estructura, aumenta la escorrentía superficial y se reduce drásticamente la recarga hídrica indispensable para el almacenamiento de agua en los colchones acuíferos producto de las precipitaciones, los cuales irán liberando tal recurso lentamente durante todo el año.

Tal es así, que en el marco del subproyecto “Restauración de ecosistemas de regulación hídrica mediante reforestación con tres estratos y sistemas de especies forestales para actividades de acuicultura (Gamitana y Paco) en distrito de Pichanaqui, provincia de Chanchamayo”, se desarrolló la presente tesis a fin de obtener las zonas de recarga hídrica con distinto potencial y proponer medidas correctivas que permita la restauración de áreas con bajo potencial y la conservación de las que su potencial sea alto, de esta forma, asegurar la disponibilidad de agua durante todo el año para el desarrollo de la acuicultura como actividad económica alternativa en la parte baja de la microcuenca. Asimismo, tener una base técnica - científica que permita a entidades y población la adopción de

políticas, planes y programas que viabilicen un desarrollo social y económico de la mano con el cuidado del ambiente.

Es importante mencionar que la población del Centro Poblado Menor Las Palmas utiliza el agua proveniente de la microcuenca antes mencionada en sus actividades domésticas incluido el consumo, aspecto a tener en cuenta si hablamos de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos detallados en la Ley N°30215, los cuales convenientemente podrían ser aplicables en el ámbito y de esta manera obtener un beneficio mutuo para la comunidad, ya sea incentivos contemplados en la norma para los pobladores de la parte alta de la microcuenca que voluntariamente contribuyan con la conservación del territorio en los que se incluye los bosques que favorecen la recarga, así como también, con buena disponibilidad de agua tanto en cantidad como en calidad para la población del área urbana asentada en la parte que serán quienes generaran estos incentivos.

Con la presente investigación más allá de generar un aporte a la comunidad científica en cuanto a la aplicación de metodologías para la evaluación del potencial de recarga hídrica en una cuenca, lo que se busca es hacer partícipes a los pobladores en aras de alcanzar el objetivo común, por ser ellos quienes intervienen directamente en dichos territorios, es decir, deberán ser los principales encargados de conservación del recurso hídrico y el ecosistema. En efecto, paralelo a la identificación del potencial de recarga hídrica de la microcuenca, se realizaron talleres de sensibilización ambiental con la población del sector Samincheni y autoridades, a quienes se hizo partícipes de los trabajos de campo y por último se impartieron los resultados obtenidos para que sean ellos quienes continúen con el trabajo de recuperación ecosistémica en áreas que lo requieran y con el cuidado de las zonas potenciales de recarga hídrica a fin de asegurar calidad de vida a las futuras generaciones.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Situación problemática

Hablar de diversidad biológica, es hablar de Perú, nuestro país tiene una inmensa riqueza de recursos naturales, ésta propiciada principalmente por la presencia de la cordillera de los andes.

Nuestra Amazonía alberga gran variedad de bosques, de los cuales en su mayoría son bosques primarios, dichos bosques ofrecen un buen número de servicios ecosistémicos, de los cuales destacan el almacenamiento de carbono contribuyendo de esta manera en la mitigación del cambio climático, recursos madereros, medicina, alimento, albergue de especies de fauna, evitan la erosión del suelo, permiten la recarga hídrica a través de la filtración del agua por las raíces y es en esta última que nos centraremos para el presente tema de investigación.

En nuestro país, cerca del 90% del agua se concentra en la Amazonía, y los bosques juegan un rol fundamental para contar con esta cantidad de recurso hídrico, sin embargo, en la actualidad se viene presentando los síntomas de disminución en la oferta hídrica en épocas de estiaje, los cuales haciendo un pronóstico futuro de acuerdo al modo de vida de la población asentada en esta área se podrían acrecentar, y con esto se merma el potencial de desarrollo de actividades socioeconómicas demandantes de gran cantidad de agua, como es la piscicultura.

Las causas que se le atribuyen al problema es la deforestación de los bosques con fines de obtener recursos madereros y disponer de un área para desempeñar la actividad agrícola, que con el paso del tiempo se hace menos sostenible (Buendía, 2018).

La Asociación Bosque Modelo Pichanaki, con el objetivo de buscar calidad de vida para la población local, viene implementando actividades de desarrollo sostenibles, tal es el caso del proyecto de piscicultura en la microcuenca Samincheni financiado por el PNIPA el cual requiere de un caudal de agua de 2l/s que debe ser constante durante todo el año con cierto aumento en la demanda en los meses de julio y diciembre que es cuando se realiza la reproducción de peces, dichos datos están contemplados en el apartado de demanda hídrica del Estudio Hidrológico realizado para mencionado proyecto, además, la fuente de agua deberá tener un concentración de Oxígeno Disuelto mayor o igual a 5mg/L, un pH que oscile entre 6.5 y 8.5 y la temperatura con una variación de 3°C entre los parámetros de calidad más importantes (MINAM, 2017); por otro lado, la población urbana del CPM Las Palmas resulta ser el mayor demandante del recurso hídrico presente en el área, el cual es aprovechado para actividades domésticas entre las que destacan el consumo, debido a que se encuentra asentada en la parte baja de la microcuenca de estudio. Una evaluación de la recarga hídrica en la zona nos permitirá determinar zonas con mayor y menor potencial, a partir de esos resultados elaborar estrategias de acción que aseguren una importante cantidad de agua en los colchones acuíferos de la zona y por ende la buena disponibilidad de este recurso durante todo el año.

1.2. Planteamiento del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el potencial de recarga hídrica que presenta la microcuenca Samincheni, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿En qué medida las actividades antropogénicas presentes afectan el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni?
- ¿Qué medidas correctivas se debe adoptar para permitir el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Identificar el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni, Distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín.

1.3.2. Objetivos específicos

- Determinar el impacto y magnitud de las actividades antropogénicas en el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.
- Proponer medidas correctivas que permitan el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente.

1.4. Justificación e importancia de la investigación

La presente investigación permite determinar el potencial de recarga hídrica en las distintas zonas de la microcuenca Samincheni, la variación de acuerdo a los cambios en las variables tipo de suelo, tipo de roca, uso de suelo, pendiente y cobertura vegetal.

Una vez evaluado y mapeado el potencial de recarga hídrica en el área de estudio se podrán implementar medidas para la buena gestión y manejo del agua en la zona, en afán de asegurar su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad durante época de avenida y estiaje, de esta forma se posibilite el buen desarrollo de las actividades socioeconómicas de la población asentada en el área de la microcuenca, asimismo, evitar problemas como la erosión del suelo, pérdida de hábitats con diversidad de recursos genéticos de flora y fauna; además de permitir el desarrollo de actividades productivas sustentables tal es el caso de la acuicultura, mejorando de esta manera la calidad de vida de las personas y la protección del ecosistema.

En las zonas con potencial de recarga hídrica bajo se implementarán programas que permitan la recuperación ecosistémica, tales como la reforestación con especies endémicas del lugar y las que determinen los especialistas forestales; asimismo, agregar maleza, ramas de árboles y rastrojo mejorarán significativamente la estructura de suelos compactados

y por consiguiente la infiltración del agua producto de la precipitación será mayor lo cual significa un aumento en la recarga de los colchones acuíferos; la restauración ecosistémica además de permitir la mayor disponibilidad de agua también posibilitará que dicho territorio albergue un mayor número de especies de vegetales y animales contribuyendo de esta manera a la conservación de la diversidad biológica en la región del país. En zonas identificadas con potencial alto, se podrán aplicar políticas y acuerdos comunales que limiten o prohíban el cambio de uso de suelo, los rozos, la quema de bosques y de esta manera permitir la conservación de dichos territorios que en consecuencia signifiquen mantener un alto potencial de recarga hídrica y la riqueza ecológica a través del tiempo.

Es importante indicar que la presente investigación se realizó con la participación activa de los pobladores de la microcuenca, siendo una de las actividades más relevantes la realización de talleres en los que se impartieron conceptos referentes al tema, las actividades de concientización y sensibilización ambiental cobran un rol fundamental para el éxito del presente proyecto, en estas actividades el poblador, el cual a su vez es dueño del predio, reconoce que es el principal responsable de la conservación de dicho territorio y que de su participación dependerá el alcance de la presente investigación. Cabe indicar, que la población del sector Samincheni a través de su junta directiva asumió de forma voluntaria los compromisos de continuar con la etapa de restauración ecosistémica en convenio con la entidad ejecutora del presente proyecto luego de haber identificado el potencial de recarga hídrica, específicamente en la reforestación con especies endémicas las áreas con potencial bajo y el mantenimiento de los plantones. La población del CPM Las Palmas, la cual se ubica en la parte baja consume el agua proveniente de la parte alta de la microcuenca Samincheni y su disponibilidad depende del nivel de recarga en dichas zonas, también participó activamente en el presente proyecto con la consigna de aplicar los Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos en la localidad.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes del problema

2.1.1. Antecedentes internacionales

- Vásquez, N. (2008) en su investigación “Plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica, Turrialba, Costa Rica”, dicho trabajo identifica las zonas potenciales de recarga hídrica a través del método participativo, las cuales permiten orientar las acciones hacia la gestión del recurso hídrico a partir de la identificación de las zonas con mayor capacidad de infiltración de agua. Adicionalmente, el método utilizado instituye un instrumento valioso de enlace entre el conocimiento local y técnico, generando de esta manera el interés en la autogestión de los recursos hídricos.
- Matus, O. (2009). Realizo el estudio “Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa Nicaragua” con la cual nos hace una importante contribución en cuanto a la metodología propuesta, además de integrar el conocimiento local en el desarrollo de la metodología.
- El trabajo de Blanco, H. (2010). “Áreas de recarga hídrica de la parte media-alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito, San Carlos, Costa Rica” determina que, las zonas de recarga hídrica con carencia de cobertura boscosa ofrecen menor facultad

para el almacenamiento de humedad y su aporte se da a través de la percolación del agua producto de las precipitaciones; muy por el contrario, en las áreas cubiertas de bosque la retención de humedad es mucho mayor. En efecto, tanto la retención de humedad como la percolación posibilitan el flujo contante de agua ya sea superficial o subterráneo durante todo el año, aun cuando no se presenten precipitaciones.

- Rodríguez. L. (2014). En su investigación “Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, de Cuba” aplica una metodología que combina variables del ciclo hidrológico, parámetros fisiográficos, y efectos antrópicos que rigen en el balance hídrico para la formación, almacenamiento y explotación del recurso agua, constituyendo un instrumento de trabajo importante en la gestión ambiental.
- Otro estudio que aporta significativamente a la investigación es el desarrollado por Coy, M. (2015) titulado “Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en la subcuenca del río Tzunutz” en el que se desarrolla en base a los siguientes factores tipo de suelo, usos de suelo, cobertura vegetal, pendiente, densidad de estructuras geológicas, depresiones, corrientes y precipitación.

2.1.2. Antecedentes nacionales

- Ricce, M. & Robles, K. (2014) realizaron el estudio “Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Rio Negro – Satipo” en la cual se evalúa características de la cuenca, parámetros del agua, y características de las poblaciones asentadas en la zona.
- Chiong, C. (2015), en su trabajo de investigación titulado “Estimación de la recarga del acuífero Rimac – sector Ate, mediante el riego de áreas verdes” concluye que el aumento de las áreas verdes durante el periodo 2010 -2013 en el distrito de Ate, produjo un aumento en el volumen anual de agua recargado al acuífero Rímac en dicho sector.

- De la investigación titulada “Recarga artificial de acuíferos en función de las características geohidráulicas para incremento de la disponibilidad hídrica en el manantial Collana – Cabanilla” elaborada por Mamani, E. (2017) se extrae, que la infiltración del agua está en función directa de la geología, intensidad y duración de las precipitaciones, permeabilidad del suelo y coeficiente de escorrentía.

2.2. Marcos conceptuales

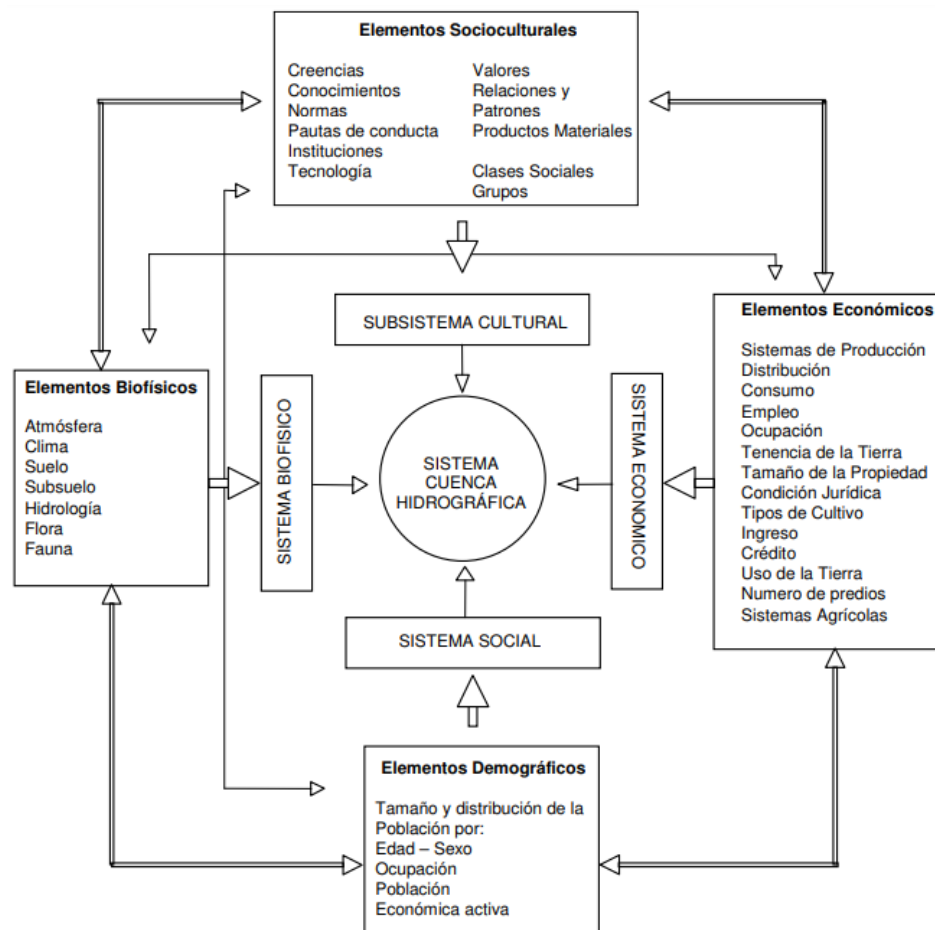
2.2.1. Cuenca hidrográfica

Se define cuenca hidrográfica como un área geográfica o unidad territorial, delimitada topográficamente por una línea divisoria denominada Divortium Acuarium, dicho territorio confina el agua de las precipitaciones y las drena hacia un colector común, llamado también río principal. (Vásquez A. , 2016)

Encontramos otra definición en la que se refiere a la cuenca hidrográfica como un sistema complejo y abierto donde ocurre el ciclo hidrológico, y encontramos estrictamente ligados a elementos naturales, culturales, ambientales, económicos y políticos los cuales son cambiantes en el tiempo. No obstante, los efectos que resultantes de las interacciones entre los distintos componentes producen algo que es más que la suma de sus partes. Por otra parte, tenemos que una cuenca hidrográfica es un sistema capaz de dar y recibir, es decir abierto a flujos, influencias y líneas de acción que traspasan sus fronteras; pues una cuenca hidrográfica es solo una parte minúscula del planeta tierra. Además, es importante tener siempre en cuenta que no existe punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica, es decir el total del universo está delimitado por cuencas y dicho sea de paso en constante e inevitable interrelación, por ejemplo no es posible controlar el agua en la atmósfera es decir esta puede transportarse a través de distintas cuencas. (Vásquez A. , 2016)

En la figura 1, se presenta un esquema de las interacciones de los diferentes elementos de una cuenca hidrográfica como un sistema hidrográfico.

Figura 1. Esquema de interacciones de los elementos de una cuenca hidrográfica



Fuente: (Charría, 2015)

Como se observa en la figura anterior, la cuenca analizada de manera integral está compuesta de tres sistemas biofísico, social y económico y un subsistema cultural, cada uno de ellos contiene elementos que se relacionan entre sí entre sistemas, nada está aislado.

Las cuencas están divididas en tres tipos: altas, medias y bajas.

2.2.2. Microcuenca

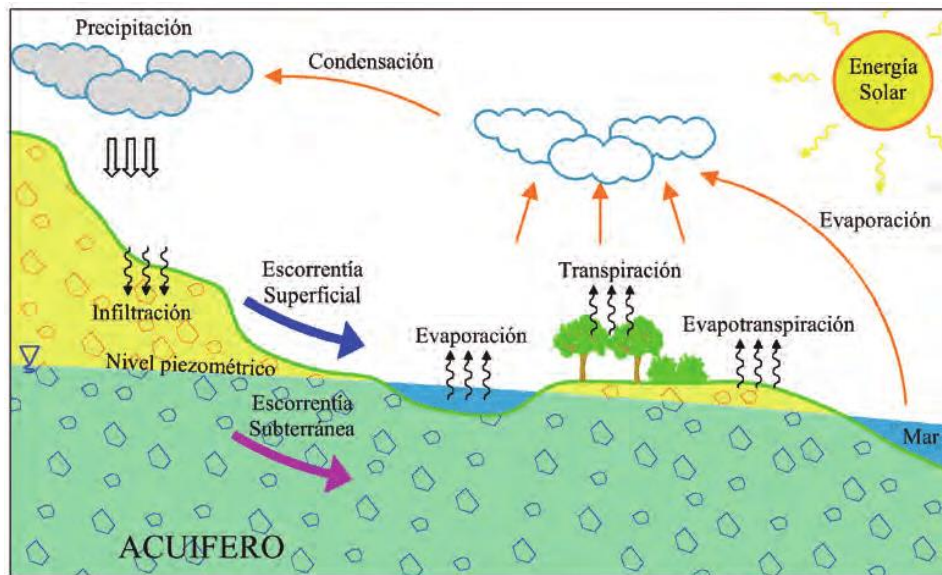
Se define microcuenca como, aquellas áreas geográficas de superficies pequeñas en las que se originan acequias, quebradas y riachuelos los cuales drenan a través de laderas y pendientes elevadas hacia un cauce principal, éste a su vez representa un cauce tributario de una subcuenca. Las microcuencas son consideradas como unidades idóneas en el planeamiento de acciones para el manejo del territorio y gestión de los recursos hídricos. (Cardenas, 2017)

2.2.3. Ciclo hidrológico

En la tierra, el agua se presenta en un área denominada hidrosfera, la cual está comprendida entre la atmosfera a unos 15 km por encima de la superficie terrestre y la litosfera a un kilómetro por debajo de la corteza de terrestre. En la hidrosfera, el agua circula a través de un conjunto de vías los cuales forman parte del ciclo hidrológico. (Chow & David R. Maidment, 1994)

El ciclo hidrológico es la constante circulación del agua entre la litosfera y la atmósfera, el movimiento del agua entre ambas capas se da de manera ascendente en forma de vapor y desciende en forma de lluvia o nieve a lo que llamamos precipitación. El agua que llega a la superficie terrestre se filtra, purifica y sigue dos rutas; una parte a través de escorrentía superficial se vierte directamente en ríos y arroyos, los cuales conducen a los océanos; el resto se infiltra en el suelo llegando a formar de esta manera corrientes subterráneas que se mueven a través de escorrentía subsuperficial y otras que alcanzan mayor profundidad aportan en la recarga de acuíferos. (Ministerio del Ambiente - MINAM, 2012)

Figura 2. Esquema del ciclo hidrológico



Fuente: (Matinez & Gómez, 2013)

2.2.4. Aguas superficiales

Se denominan aguas superficiales a todas aquellas procedentes de la precipitación que se encuentran por encima de la corteza terrestre, ya sea en circulación a través de arroyos y ríos o almacenadas en lagunas y lagos. Comprenden todas las aguas continentales (excepto aguas subterráneas), las aguas de transición y las aguas costeras. (Murillo & Navarro, 2008)

2.2.5. Aguas subterráneas

Se definen como aguas subterráneas a todas aquellas que se encuentran en el subsuelo luego de haberse infiltrado y quedan almacenadas en los poros, fisuras y cavidades de las rocas, tras haber alcanzado la zona de saturación. Su circulación se produce desde las zonas de mayor elevación hacia las zonas más bajas, es decir, de mayor a menor energía potencial, hasta encontrar una vía de salida a la superficie (manantial), o bien hasta alcanzar directamente el mar. (Murillo & Navarro, 2008)

2.2.6. Acuífero

Un acuífero es una formación geológica subterránea que tiene la suficiente porosidad y permeabilidad como para permitir la el almacenamiento y flujo de agua, (Ordoñez, 2011) define acuífero

como “Volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea”

2.3. Bases teóricas

2.3.1. Recarga hídrica

Se define recarga hídrica al proceso natural mediante el cual el agua producto de las precipitaciones y aguas superficiales se infiltran a través de los distintos horizontes del suelo, integrándose finalmente en los colchones acuíferos; también puede darse mediante transferencia entre acuíferos. El proceso de recarga se da generalmente en áreas donde la textura del suelo es gruesa y las rocas permeables, dichas áreas se denominan zonas de recarga. (Matus, 2009)

Las diferencias entre las características de cada zona determinan que algunas de estas faciliten la infiltración y por ende brinden mayores aportes a la recarga hídrica; mientras que otras, que por sus características naturales o al ser sometidas a ciertos cambios en el uso de suelo, presentan limitada capacidad de infiltración y con ello son susceptibles a disminuir su potencial de recarga hídrica, a estas áreas se denomina zonas críticas de recarga hídrica. (Matus, 2009)

Quienes desempeñan roles fundamentales dentro del ciclo del agua, son los ecosistemas forestales, destacando la infiltración como uno de sus más importantes servicios. Los bosques, a través de sus hojas y tallos cumplen el rol de colchón reduciendo la fuerza y energía de caída de las gotas de lluvia evitando de este modo la erosión del suelo y a la vez preservando la estructura del mismo, además, facilitan la infiltración del agua producto de las precipitaciones en época de invierno, significando el incremento en la reserva de agua subterránea que de manera natural brotará en manantiales o ríos permanentemente, inclusive en épocas cuando las precipitaciones son nulas. (Donis, 2015)

Asimismo, la escorrentía superficial proveniente de la precipitación se ve disminuida debido a la intercepción que hay por la presencia de los árboles y la capa de materia orgánica, el flujo de agua que se ve interrumpido en la superficie terrestre con cubierta boscosa y materia orgánica se infiltra propiciado en gran medida por el espacio poroso existente entre las raíces de los árboles y el suelo. Se conoce también, que los bosques funcionan como filtros o depuradores naturales, debido a que actúan como una esponja almacenando grandes cantidades de agua lo cual hace más lenta la infiltración, esto facilita que las raíces de los árboles y algunos microorganismos presentes en los horizontes superficiales del suelo retengan ciertas impurezas y partículas, este proceso se manifiesta en la investigación de (Donis, 2015), quien expone, que las cuencas con mayor cobertura vegetal son la que ofrecen mejor calidad de agua.

2.3.2. Factores que afectan la recarga hídrica

Los beneficios que se obtiene de preservar las zonas potenciales de recarga hídrica no son exclusivos de los bosques, la recarga hídrica se ve afectada también por factores como la precipitación, la escorrentía superficial y el caudal de los ríos.

Asimismo, tenemos a la pendiente del terreno que juega un papel fundamental en la recarga, pendientes escarpadas favorecen de gran medida la escorrentía superficial, mientras que pendientes planas o cóncavas retienen por mayor tiempo el agua facilitando de esta forma la infiltración. Es importante mencionar la influencia de la permeabilidad del suelo en el potencial de recarga, la intensidad de lluvia y el factor de drenaje de la cuenca. (Matus, 2009)

La permeabilidad de las formaciones geomorfológicas también influye en la recarga hídrica, de igual manera, el uso de suelo es un factor importante en el análisis de esta variable debido a que las actividades antropogénicas ejercidas sobre determinada zona ocasionan el cambio en las características físicas, químicas y biológicas del suelo.

2.3.2.1. Pendiente

El tiempo de contacto entre el agua y la superficie del suelo determina en gran medida la recarga hídrica. El enunciado está estrictamente ligado se al grado de inclinación que posea el terreno debido a que al presentar pendientes bajas el tiempo de contacto del agua con la superficie es alto y con ello aumenta la infiltración, siendo la escorrentía superficial muy baja. Sin embargo, en zonas con pendientes elevadas el tiempo de contacto es menor, aumenta la escorrentía superficial y la infiltración se ve reducida. (Matus, 2009)

2.3.2.2. Tipo de suelo

Un suelo permeable posibilita la recarga hídrica, por el contrario, los suelos impermeables o compactados dificultan la infiltración. La textura, densidad aparente, grado de saturación y la capacidad de infiltración son propiedades del suelo que influyen en la recarga. (Bueso, 2010)

Suelos de textura arenosa son muy permeables mientras que los suelos arcillosos dificultan la infiltración y el agua se pierde por escorrentía superficial, las áreas agrícolas suelen encharcarse con facilidad.

2.3.2.3. Tipo de roca

Al conocer el tipo de roca es posible establecer si la recarga hídrica es subsuperficial o profunda denominada acuífero. Del mismo modo, se puede establecer la existencia de capas de material rocoso o lecho de arcilla impermeable que impide la infiltración profunda y recarga de los acuíferos subterráneos, produciendo que el agua se transporte de manera horizontal a través de flujo subsuperficial hasta finalmente brotar en manantiales, los cuales alimentaran una quebrada o un río. (CATIE, 2010)

La porosidad y permeabilidad, son características de las rocas que determinan el grado de infiltración del agua o nivel de recarga. La porosidad de una roca se refiere al volumen de poros por volumen unitario de roca, por otra parte, la

permeabilidad está definida por la velocidad con la que se mueve el agua a través de una sección transversal de la roca, a su vez, está determinada por el porcentaje de porosidad y la interconexión que existan entre poros. (CATIE, 2010)

Cabe señalar que existen dos fuerzas que moderan el movimiento del agua en la roca como son la gravedad y la atracción molecular. La gravedad produce que el agua se infiltre verticalmente en el acuífero en zonas donde la roca es permeable u horizontalmente en rocas impermeables generando su salida en cuerpos de agua como lagos, ríos o manantiales, por otro lado, la atracción molecular ocasiona la retención del agua en pequeños espacios porosos, paredes laterales de roca y partículas de suelo, en forma de película, por consiguiente, puede retardar el flujo de agua. (Ordoñez, 2011)

2.3.2.4. Cobertura vegetal

El tipo de cobertura vegetal condiciona el tiempo de contacto del agua con la superficie del terreno, esto se debe a la interrupción del flujo de agua por parte de los tallos y la capa de materia orgánica, disminuyendo la escorrentía superficial y permitiendo la infiltración en mayor cantidad. Además, el espacio poroso existente entre las raíces de los árboles y el suelo permiten el movimiento descendente del agua con facilidad. Por consiguiente, gran porcentaje de la precipitación es interceptada por la cobertura vegetal, y para conocer el nivel de infiltración es necesario considerar la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad de retención del dosel vegetal. (Matus, 2009)

2.3.2.5. Uso de suelo

El sistema hidrológico de una cuenca es dependiente de las zonas potenciales de recarga hídrica, cualquier interacción sobre estas áreas provocará una reducción en la recarga de acuíferos y por consiguiente efectos negativos en la disponibilidad y calidad de agua. (Donis, 2015)

El crecimiento demográfico, urbanismo, deforestación, ampliación de la frontera agrícola, entre otras actividades de origen antropogénico vienen causando desde hace siglos efectos potencialmente negativos en la dinámica de la recarga hídrica. Estos factores provocan la degradación y compactación de los suelos, mermando de manera considerable la permeabilidad de los mismos y con ello se reduce la recarga de acuíferos. La disminución de la recarga hídrica produce efectos negativos en el caudal, velocidad de flujo y calidad de cuerpos de agua como arroyos, riachuelos, humedales, ríos; a raíz de estos problemas la oferta hídrica es escasa en época de verano afectando negativamente a las actividades agropecuarias de las poblaciones asentadas, situación que se manifiesta finalmente en la limitada calidad de vida de los pobladores. (Donis, 2015)

2.3.3. Sistemas de información geográfica

Se define "Sistemas de Información" como los conjuntos de herramientas informáticas, es decir, con softwares que integran diversos componentes para el análisis de grandes cantidades de datos. En el caso que lo que se busque analizar sean datos concretos de un ambiente físico o territorio estaríamos hablando de un Sistema de Información Geográfica o SIG.

Un SIG es un software específico que permite al usuario establecer consultas interactivas, analizar, evaluar, integrar y manifestar de forma idónea todo tipo de información territorial; logrando integrar bases de datos y operaciones algebraicas a un mapa. (SGM, 2018)

Existen muchas definiciones de SIG, sin embargo, la propuesta por (Molina, 2017) resulta útil y operativa: "Un SIG es un sistema de información compuesto por hardware, software y procedimientos para capturar, manejar, manipular, analizar, modelizar y representar datos georreferenciados, con el objetivo de ordenar y relacionar información de interés y resolver problemas de gestión y planificación".

Los SIGs tienen una enorme ventaja al ser capaces de relacionar distintas capas temáticas a niveles muy complejos, lo que permite que estos sistemas posean una excelente capacidad de análisis, logrando producir mapas de gran utilidad con escenarios reales, hipotéticos o simulados. (López, Posada, & Moreno, 1998)

En el campo de la ingeniería ambiental existe una herramienta poderosa de análisis de datos y construcción de mapas temáticos llamado ArcGIS, dicho software tiene la capacidad de procesar datos geográficos y encontrar un gran número de variables a partir de distintos tipos y niveles de información y con una plataforma completa de herramientas de cálculo algebraico, además es de fácil manejo. Es por ello que se tomó al software ArcGIS V10.5 como el instrumento idóneo para la construcción de los mapas de recarga hídrica en la presente investigación.

CAPÍTULO III

HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1. Hipótesis general

La microcuenca Samincheni ubicada en el distrito de Pichanaki, departamento de Junín, presenta potencial de recarga hídrica variable.

3.2. Hipótesis específicas

- Existe un impacto negativo de las actividades antropogénicas en el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.
- Existen medidas correctivas que permitirán el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente.

3.3. Identificación de variables

3.3.1. Variables dependientes

- Potencial de recarga hídrica

3.3.2. Variables independientes

- Tipo de suelo
- Tipo de roca
- Cobertura vegetal
- Uso de suelo
- Pendiente

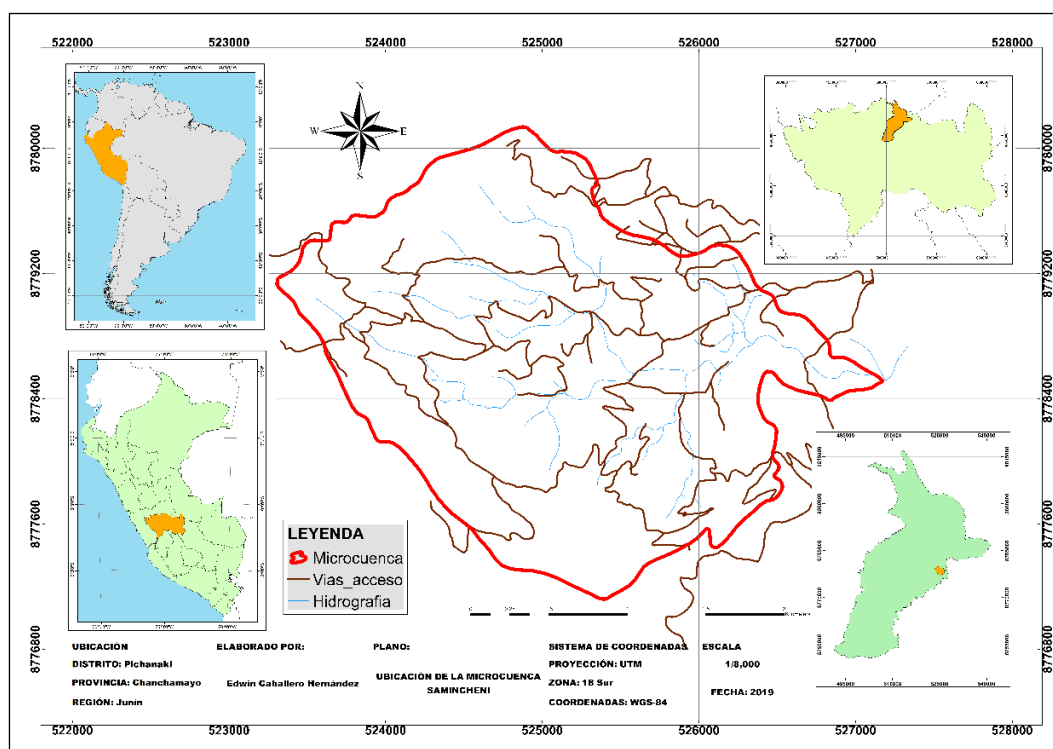
CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1. Localización del área de estudio

La microcuenca Samincheni se encuentra comprendida dentro del área geográfica del Centro Poblado Menor Las Palmas, en el distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín. En el extremo Este del distrito, limitando con la provincia de Satipo.

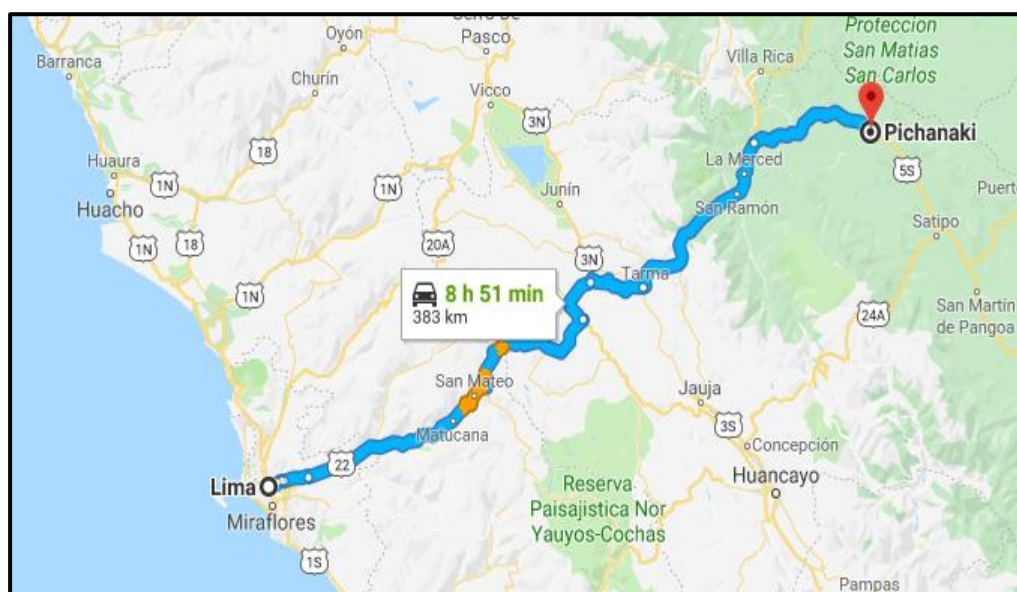
Figura 3. Ubicación del área de estudio.



Fuente: Elaboración propia.

La ruta para llegar a Pichanaki desde Lima es por la carretera central, y el viaje dura aproximadamente 9 horas.

Figura 4. Acceso al área de estudio.



Fuente: Google Maps.

La ruta al área de estudio es un viaje de 10 horas en bus de la ciudad de Lima hasta la ciudad de Pichanaki, sigue el recorrido en motocicleta o auto por 20 minutos por vía asfaltada hasta el lugar denominado Boca Ipoki, para finalmente seguir el recorrido 5min por trocha pasando por el CPM Las palmas hasta llegar al área de influencia.

4.2. Descripción del área de estudio

El estudio se realizará en el distrito de Pichanaki, cuyo territorio completo se encuentra bajo la categoría de Bosque Modelo Pichanaki, y pertenece a la Red Iberoamericana de Bosques modelo. Pichanaki, Provincia Chanchamayo, Departamento Junín, comprende un área total de 124 770.5 hectáreas. El área superpone una parte de la zona de amortiguamiento del Bosque de Protección San Matías San Carlos y parte del Bosque de Protección Pui Pui.

La población según el censo 2017 fue de 39 054 habitantes (INEI, 2018); asimismo alberga cerca de 10 mil nativos Asháninkas. Tener en cuenta que dicha cifra corresponde a la población de todo el ámbito geográfico distrital, mas no de la cuenca en estudio que es parte de este territorio.

Para la presente investigación, se tomará los datos de la microcuenca denominada Samincheni, la cual tiene una extensión de 6.2km² y está ubicada en el centro Poblado Menor Las Palmas.

4.2.1. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca Samincheni.

Se utilizó el software ArcGIS v10.5 para calcular las áreas parciales entre las curvas de nivel, a partir de ellas obtener los parámetros más importantes de la microcuenca que a continuación se detallan:

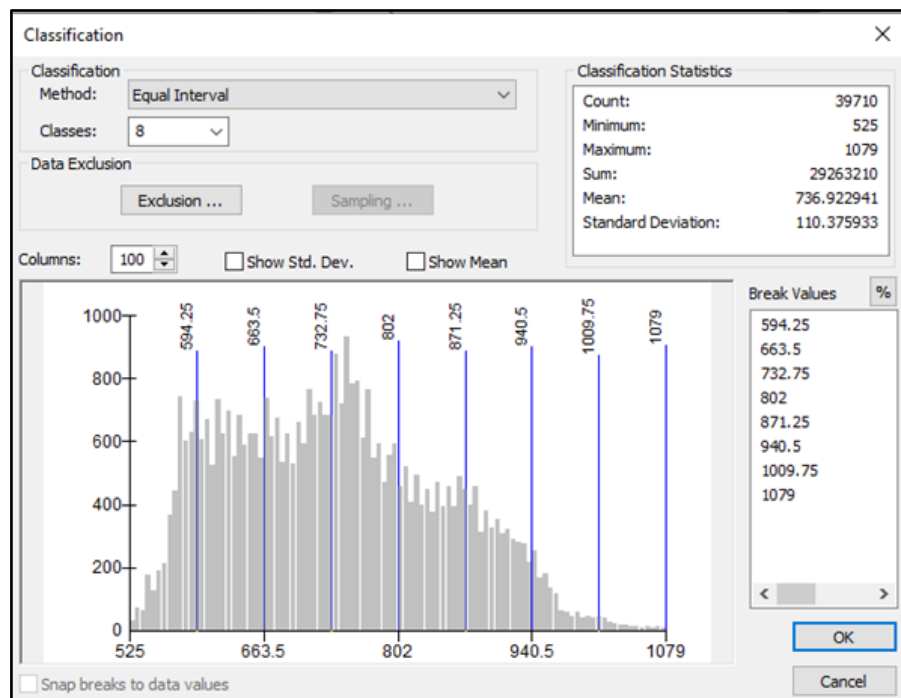
- Datos obtenidos de la microcuenca:

- Área total: 6.2km²
- Perímetro: 11.51km

- Áreas parciales y acumuladas según altitud:

Con el software ArcGIS v10.5 calculamos las áreas entre curvas de nivel o cotas, finalmente obtenemos las áreas parciales que se muestran en la tabla.

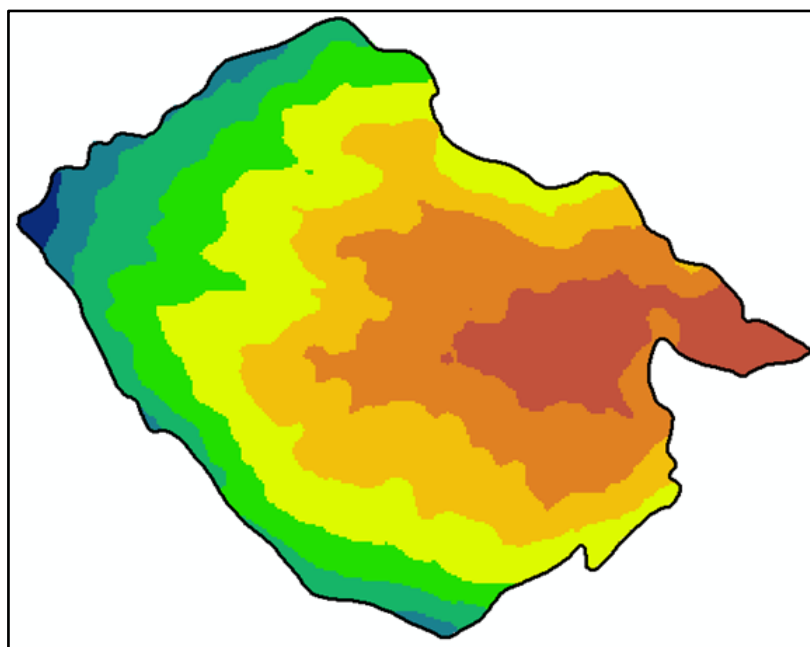
Figura 5. Reclasificación del DEM de la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 5 se muestra el proceso de reclasificación del Modelo Digital de Elevación en ocho clases, es decir se obtendrá ocho sub áreas en la microcuenca con un rango de altitud de 69.25m. El resultado de la clasificación se presenta gráficamente en la figura 6.

Figura 6. Grafica de áreas parciales de la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia.

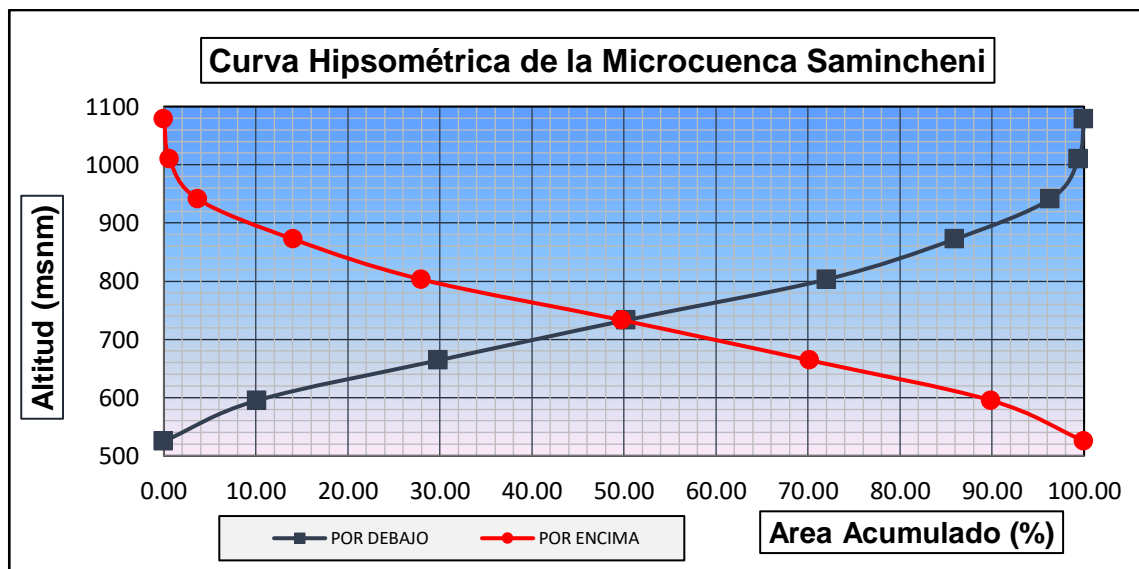
Tabla 1. Áreas parciales y acumuladas de la microcuenca.

ALTITUD m.s.n.m.	AREAS PARCIALES		AREAS ACUMULADAS			
	Km2	(%)	POR DEBAJO		POR ENCIMA	
			(KM2)	(%)	KM2	(%)
Punto más bajo						
525	0.00	0.00	0.00	0.00	6.20	100.00
595	0.63	10.10	0.63	10.10	5.58	89.90
664	1.22	19.73	1.85	29.83	4.35	70.17
733	1.26	20.39	3.12	50.21	3.09	49.79
803	1.35	21.79	4.47	72.01	1.74	27.99
872	0.86	13.92	5.33	85.92	0.87	14.08
941	0.64	10.39	5.98	96.31	0.23	3.69
1010	0.19	3.09	6.17	99.40	0.04	0.60
1079	0.04	0.60	6.20	100.00	0.00	0.00
Punto más alto						
TOTAL	6.20	100.00				

Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo de la curva hipsométrica:
El porcentaje de superficie de una cuenca por encima por encima de una cota determinada, está indicada en la curva hipsométrica. La curva hipsométrica se fabrica llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, en eje de las ordenadas se colocan los valores de altitud de la cuenca, en metros. La curva hipsométrica da una idea del tipo de relieve de la cuenca, una curva de concavidad hacia arriba, indica una cuenca con cumbres escarpadas y extensos valles, por el contrario, una curva de concavidad hacia abajo indica cumbres planas y valles profundos. (Rodríguez, 2018)

Figura 7. Curva hipsométrica.



Fuente: Elaboración propia.

La concavidad hacia arriba de la curva hipsométrica resultante mostrada en la figura 7, indica que la microcuenca presenta cumbres escarpadas.

- Cálculo de la altitud mediana:
Se encontró la altitud mediana a partir de la intersección de las curvas hipsométricas, el resultado es de 735 msnm.

- Cálculo de la altitud media ponderada:

Altitud Media Ponderada:

$$H = \frac{(\sum a_i c_i)}{A} \quad c_i = \frac{(c_i + c_{i-1})}{2}$$

Donde:

- o ai = Área parcial de terreno entre curvas de nivel.
- o ci = Altitud media de cada área parcial entre dos curvas de nivel.
- o A = Área de la microcuenca.

Tabla 2. Áreas parciales entre curvas de nivel

	Ai	ci(altitud media)	ai*ci
	0.63	560.0	350.88
	1.22	629.5	770.65
	1.26	698.5	883.49
	1.35	768.0	1038.48
	0.86	837.5	723.13
	0.64	906.5	584.13
	0.19	975.5	187.33
	0.04	1044.5	38.68
Σ	6.20	Σ	4576.75

Fuente: Elaboración propia.

H = 737.63 msnm

- Cálculo de la altitud media simple:

Altitud Media Simple

$$H_{ms} = \frac{(c_M + c_m)}{2}$$

Donde:

- o CM = Cota o altitud más alta de la cuenca.
- o Cm = Cota o altitud más baja de la cuenca.

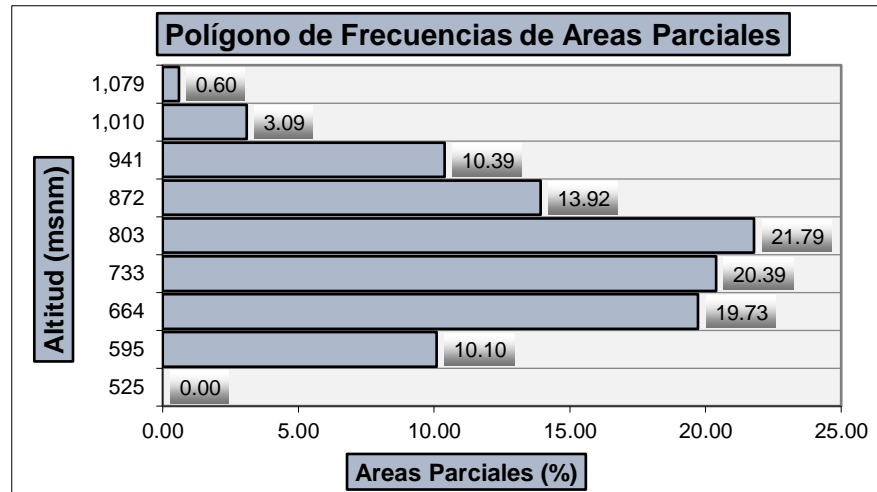
CM = 1079

Cm = 525

Hms = 802 msnm

- Cálculo del polígono de frecuencia de áreas parciales:
Se tomó de la tabla 1, el porcentaje de incidencia para cada cota y a partir de dichos valores se graficó el polígono de frecuencias.

Figura 8. Polígono de frecuencias de áreas parciales



Fuente: Elaboración propia.

Se observa en la figura 8, que la altitud más frecuente es 803 msnm con un porcentaje de incidencia de 21.79%.

- Cálculo del Índice de Gravelius (K):
El índice de compacidad o índice de Gravelius relaciona el perímetro de la cuenca y la circunferencia del círculo que tenga la misma superficie que la cuenca, para encontrar el grado de compacidad de dicha cuenca:

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Donde:

- o P = Perímetro de la cuenca en km.
- o A = Área de la cuenca en km².

El índice de Gravelius se acerca a la unidad cuando la cuenca es comparta, es decir, tiene forma circular y mientras aumenta el valor se hace más alargada. (González, 2004)

En la microcuenca Samincheni:

- P = 11.50
- A = 6.20

Realizando los cálculos con la ecuación anterior tenemos que:

- K = 1.30

El índice de compacidad de la microcuenca Samincheni es 1.30 por lo que consideramos que ésta es un tanto ovalada, y la compacidad no es muy alta.

- Cálculo del rectángulo equivalente:

Implica el cambio de una cuenca real en una teórica de superficie rectangular de lado menor (l) y lado mayor (L), y con igual perímetro, y proyectándose las cotas parciales en forma de rectas paralelas al lado menor. Esta cuenca teórica tendrá el mismo Coeficiente de Gravelius y la misma distribución actitudinal de la cuenca original. (Ibáñez, Moreno, & Gisbert, 2011)

Lado Mayor:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 + \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Lado menor:

$$l = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 - \sqrt{1 - \left(\frac{1.12}{K} \right)^2} \right)$$

Donde:

- K = Índice de compacidad o de Gravelius.
- A = Área de la cuenca.

Realizando los cálculos, tenemos que:

$$L = 4.382$$

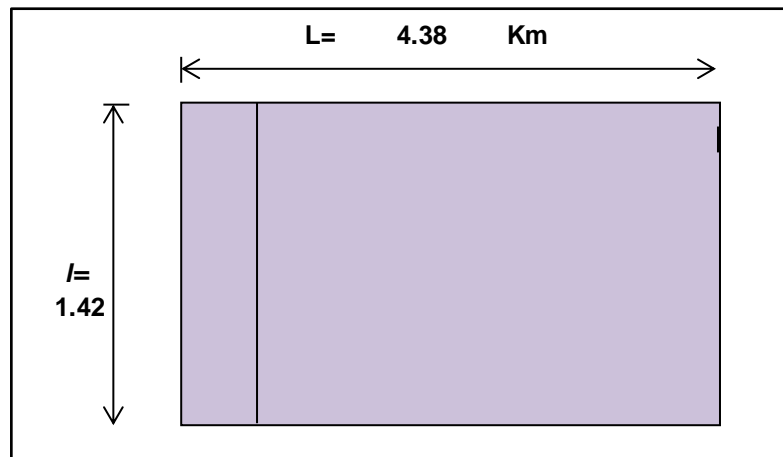
$$l = 1.415$$

Tabla 3. Rectángulo Equivalente.

Cota (msnm)	Área Parcial, ai (Km2)	Ancho, ci (Km)
525.00	0.00	0.00
595.00	0.63	0.44
664.00	1.22	0.86
733.00	1.26	0.89
803.00	1.35	0.96
872.00	0.86	0.61
941.00	0.64	0.46
1010.00	0.19	0.14
1079.00	0.04	0.03
	Suma ci= L=	4.38

Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Rectángulo equivalente.



Fuente: Elaboración propia.

- Cálculo del factor forma:

Es un parámetro que interpreta la elongación de una cuenca. Se expresa como la relación entre el área de la cuenca y la longitud de la misma. El factor de forma está definido por la siguiente expresión:

$$F_f = \frac{l}{L} = \frac{A}{L^2}$$

Donde:

- I = Lado menor del rectángulo equivalente.
- L = Lado mayor del rectángulo equivalente.
- A = Área de la cuenca.

Es un parámetro adimensional y la longitud de la cuenca para este caso se considera la distancia en línea recta entre el punto de control de la cuenca y el punto más alejado de éste.

En cuencas de forma aproximadamente circular el F_p se acerca o es igual a 1, mientras menor es este valor la cuenca es más alargada. Las cuencas alargadas al poseer el cauce principal más largo que los secundarios los tiempos de concentración de las precipitaciones son distintos, por ende, las descargas son de menor volumen. Este caso es inverso a lo que ocurre con el coeficiente de compacidad. (Córdova , 2016)

Tabla 4. Rangos aproximados del Factor de Forma.

Factor de forma (valores aproximados)	Forma de la cuenca
<0.22	Muy alargada
0.22 a 0.30	Alargada
0.30 a 0.37	Ligeramente alargada
0.37 a 0.45	Ni alargada ni ensanchada
0.45 a 0.60	Ligeramente ensanchada
0.60 a 0.80	Ensanchada
0.80 a 1.20	Muy ensanchada
>1.20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Perez, 1979)

Luego de haber realizada la operación matemática, a partir de los valores de lado mayor, lado menor y área de la microcuenca Samincheni, se tiene que el factor de forma es igual a 0.3230, por

lo que se considera que la microcuenca Samincheni es ligeramente alargada.

4.2.2. Ecología y clima

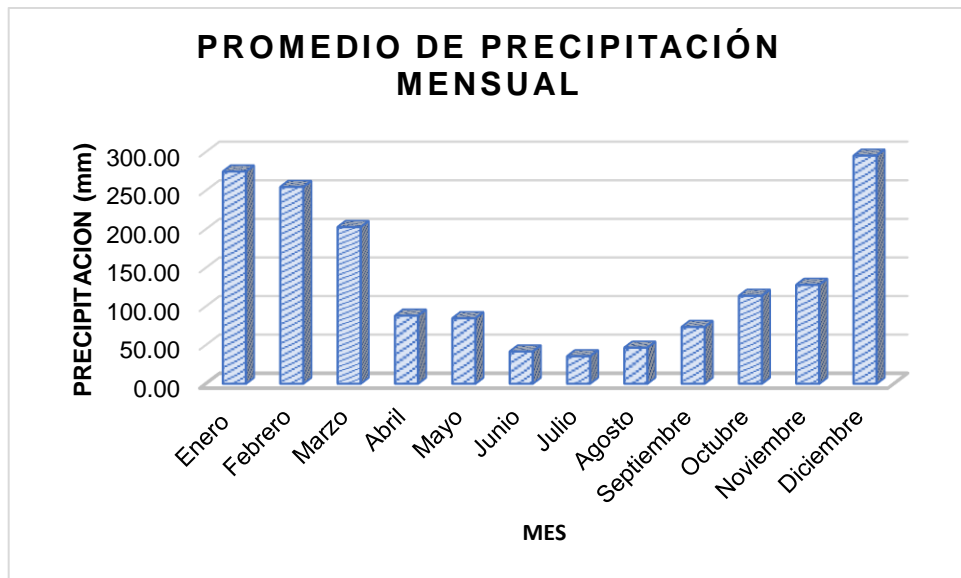
Pichanaki comprende un rango altitudinal de 420 – 2740 msnm. Ecológicamente, Pichanaki abarca cinco zonas de vidas: Bosque húmedo-Premontano Tropical (bh-PT); bosque muy húmedo-Premontano Tropical (bmh-PT), bosque pluvial-Montano Bajo Tropical (bp-MBT); bosque pluvial Montano Tropical (bp-MT); bosque pluvial-Premontano Tropical (bp-PT) y una zona transicional: bosque seco Tropical transicional a bosque húmedo-Premontano Tropical [(bs-T) / (bh-PT)].

Climáticamente comprende sólo una zona climática: Húmeda y Cálida.

La temperatura máxima mensual media en la estación meteorológica Pichanaki durante el periodo 2001 – 2010, oscilo entre 30.1°C en febrero y 32.8°C en octubre con un promedio anual de 31.3°C, entre los valores absolutos extremos de 29.0°C en febrero del 2001 a 33.1°C en setiembre de 2010. La temperatura media mensual en la estación meteorológica Pichanaki, oscilo entre 24.7°C en julio y 26.4°C en octubre con promedio anual de 25.4°C, y entre los valores absolutos extremos de 23.8°C en junio de 2004 a 27. 3°C en setiembre de 2010.

Según el reporte del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología – SENAMHI, para el periodo 2010 – 2017 (ver anexo 1), se presentan mayores precipitaciones durante los meses de diciembre, enero y febrero mientras que estas son menores durante los meses junio, julio y agosto.

Figura 10. Precipitación mensual – Estación Pichanaki.



Fuente: (SENAMHI, 2019)

Se observa en la figura 10, el promedio mensual de presencia de precipitaciones en el territorio para el periodo 2010 -2017.

La vegetación en el territorio del distrito de Pichanaki es siempre verde con lianas y bejucos y muchos de ellos cubiertos por epifitas de la familia de las bromeliáceas. Sociológicamente, los árboles están organizados en cuatro estratos: dominantes, suprimidos y oprimidos, sobresaliendo, arriba del estrato superior y en forma poco dispersa, los grandes árboles emergentes que alcanzan hasta 45 metros de altura. Los bosques presentan una composición florística muy heterogénea, de las cuales más de la mitad pertenecen a los estratos inferiores y el resto a los estratos superiores representados por los estratos codominantes, dominantes y emergentes que presentan arboles con fustes y limpios de ramas hasta más arriba de los tercios de su altura total. Las especies forestales principales que caracterizan a estas zonas de vida son las “moenas” de la familia de las lauráceas, correspondiente a los géneros Aníba, Ocotea, Persea, Nectandra, etc. El “tornillo” (*Cedrelinga catenaeformis*), “nogal” (*Junglans neotropica*), “congona” (*Brosimun sp.*), “tulpay” (*Clarisia sp.*), almendro (*Cariocar sp.*), quinilla (*Manilkara bidentata.*), sapote (*Matisia sp.*), shimbillo (*Inga sp.*), cedro de altura (*Cedrela sp.*), y en cantidades menores o

escasas requia (*Guarea* sp.), bolaina (*Guazuma* sp.), capirona (*Calycophyllum* sp), cordia o añallucaspi (*Cordia* sp), cumala (*Virola* sp.), estoraque (*Miroxylon* sp), y cedro (*Cedrela odorata*); en los límites superiores, se observa la existencia de Ulcumano, romerillo o diablo fuerte del género *Podocarpus*.

Entre las palmeras, abundan la huacraponas (*Socratea* sp.), muy utilizada en la fabricación del parquet, cashaponas (*Iriarteia* sp.), yarina (*Phitelephas* sp.) y shapaja (*Scheeles* sp.).

Sin embargo, en la microcuenca Samincheni existen escasos bosques primarios, habiendo sido estos talados para el desarrollo de la actividad agrícola.

4.2.3. Hidrología

El caudal es la cantidad de agua que pasa por un punto en una unidad de tiempo, el cual se determinó en el cauce de agua principal de la microcuenca de estudio el día 21/06/2019, el método de aforo fue del correntómetro para lo cual se utilizó un equipo marca Global Water, modelo FP111. La toma de dato se hizo en secciones de agua homogéneas y en tres puntos que se describen en la tabla 5.

Tabla 5. Coordenadas de medición de caudal.

Puntos de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		
		Sur	Este	Altitud
Punto N°1	Ubicado en la Quebrada Samincheni del CPM Las Palmas (Puente Parte Baja).	8778638	526670	517
Punto N°2	Ubicado en la Quebrada Samincheni del CPM Las Palmas (Parte Media).	8778665	526114	531
Punto N°3	Ubicado en la Quebrada Samincheni del CPM Las Palmas (Parte Alta - Captación).	8778942	525289	585

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados del caudal luego de haber realizado los cálculos correspondientes (ver anexo 2) son los siguientes:

- En el punto n°1 se encontró un caudal de 50 l/s, según la fecha de aforo dicho número corresponde a la época de estiaje por lo que se considera un mayor caudal en época de avenida.
- Se tiene un valor de 37 l/s para el caudal en el punto n°2.
- El punto n°3 registra un valor de 10 l/s de caudal, en este punto el cuerpo de agua aforado es de orden 2.

En la microcuenca de estudio también se determinaron parámetros de calidad de agua, el monitoreo se desarrolló el día 22 de junio del año 2019 siguiendo los lineamientos establecidos en el “Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales” (Resolución Jefatural N°010-2016-ANA). Este documento contiene las pautas básicas y metodologías para evaluar la calidad de los recursos hídricos superficiales.

Para la medición de parámetros de campo, se utilizó equipo debidamente certificado y calibrado en campo, la relación del equipo utilizado se especifica en la tabla 6.

Tabla 6. Equipo utilizado para determinación de calidad de agua.

Descripción	Marca	Modelo	Serie	Fecha de calibración
Medidor de pH	HANNA	MULTI HI98194	04070115101	22-Jun-2019
Medidor de temperatura	HANNA	MULTI HI98194	04070115101	22-Jun-2019
Medidor de conductividad	HANNA	MULTI HI98194	04070115101	22-Jun-2019
Medidor de sólidos totales disueltos	HANNA	MULTI HI98194	04070115101	22-Jun-2019
Medidor de salinidad	HANNA	MULTI HI98194	04070115101	22-Jun-2019

Fuente: Elaboración propia.

Se evaluaron tres (03) puntos de monitoreo: La toma de muestra del primer punto AG-01 fue realizado el 22 de junio, ubicado en la

parte baja de la Quebrada Samincheni de la localidad Las Palmas. El segundo punto de monitoreo AG-02 ubicado en la parte media de la Quebrada Samincheni realizado con fecha 22 de junio del 2019 y el punto AG-03 en la parte alta de la quebrada del mismo nombre (Captación de agua para un proyecto de piscicultura desarrollado en el área) realizado el día 22 de junio del 2019.

En la Tabla 7, se especifican los puntos de monitoreo y su localización según coordenadas UTM.

Los resultados de calidad de agua fueron comparados en la tabla 8 con los Estándares de Calidad Ambiental para Agua (ECA – Agua) en las categorías con las que tienen relación la presente investigación.

Tabla 7. Puntos de monitoreo de calidad de agua.

Puntos de monitoreo	Descripción	Coordenadas UTM		
		Sur	Este	Altitud (msnm)
Punto N°1	Ubicado en la Quebrada Samincheni de la localidad de Las Palmas (Parte Baja).	8778637	526663	518
Punto N°2	Ubicado en la Quebrada Samincheni de la localidad de Las Palmas (Parte Media).	8778665	526114	531
Punto N°3	Ubicado en la Quebrada Samincheni de la localidad de Las Palmas (Parte Alta - Captación).	8778942	525289	585

Fuente: Elaboración propia.

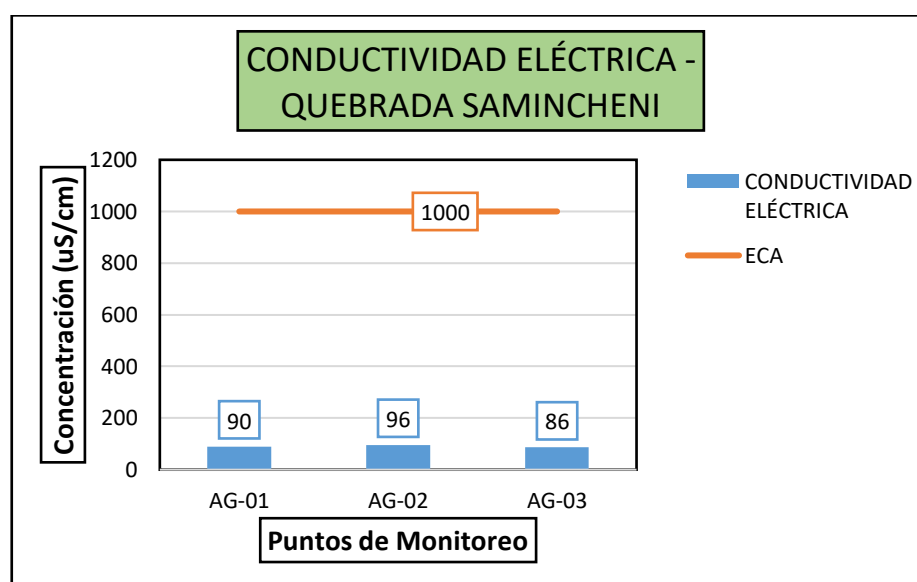
Tabla 8. Resultados de calidad de agua.

PARÁMETRO	UNIDADES	ECA-Agua				Puntos		
		CATEGORIA 1 A1: Aguas que pueden ser potabilizadas con desinfección	CATEGORIA 2 C4: Extracción y cultivo de especies hidrobiológicas en lagos o lagunas	CATEGORIA 3 A3 D1: Riego de vegetales (Agua para riego no restringido)	CATEGORIA 4 Conservación del ambiente acuático E2: Ríos (selva)	AG-01	AG-02	AG-03
Análisis de Campo								
Conductividad	μS/cm	1500	*	2500	1000	90	96	86
TDS	Mg/L	1000	*	*	*	45	48	43
pH	Unidades de pH	6,5 – 8,5	6,0 – 9,0	6,5 - 8,5	6,5 – 9,0	7,01	6,93	6,87
Temperatura	°C	Δ3	Δ3	Δ3	Δ3	22,85	23,44	23,24
Salinidad	PSU	*	*	*	*	0,04	0,04	0,04

Fuente: Elaboración propia.

- Conductividad Eléctrica (CE): En la Figura 11, los puntos de monitoreo AG-01, AG-02 y AG-03 presentan concentraciones de 90 μs/cm, de 96 μs/cm y 86 μs/cm, respectivamente; encontrándose los tres resultados por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para agua según D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 4-E2).

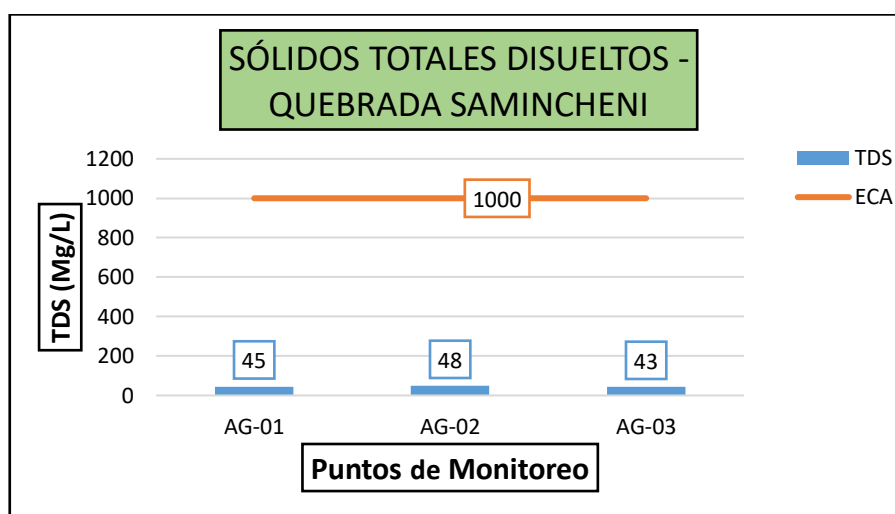
Figura 11. Resultados de conductividad Eléctrica del agua.



Fuente: Elaboración propia

- Sólidos Totales Disueltos (TDS): En la Figura 12, en los puntos de monitoreo AG-01, AG-02 y AG-03, se reportaron concentraciones de 45 mg/L en los tres casos, valor que se encuentra por debajo del Estándar de Calidad Ambiental para agua según D.S. N° 004-2017-MINAM (Categoría 1-A1).

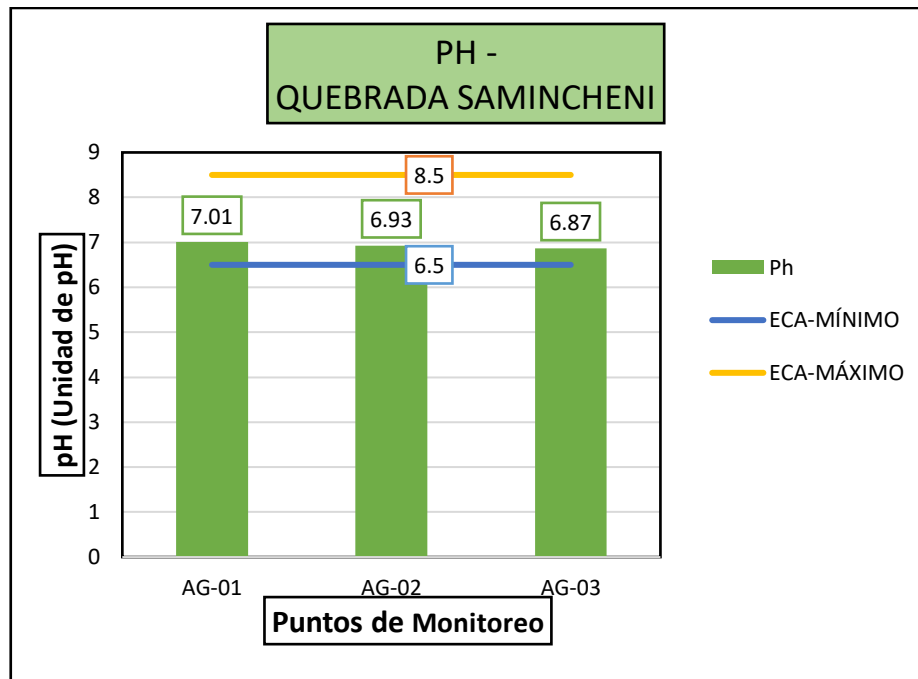
Figura 12. Resultados de concentración de sólidos totales disueltos.



Fuente: Elaboración propia

- PH: La Figura 13 muestra que los puntos de monitoreo AG-01, AG-02 y AG-03 registran valores de 7,01 unid. de pH, 6,93 unid. de pH y 6,87 unid. de pH, respectivamente. Encontrándose dentro del rango establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para agua según D.S. N° 004-2017-MINAM (Todas las Categorías).

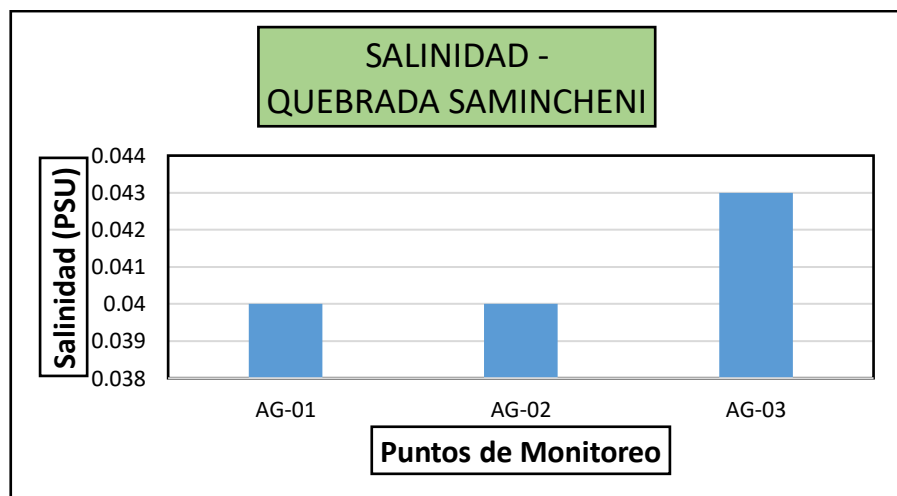
Figura 13. Resultados de pH.



Fuente: Elaboración propia

- Salinidad: En los puntos de monitoreo AG-01, AG-02 y AG-03, se registraron valores de 0,04 PSU, 0,04PSU y 0,043PSU, respectivamente, los cuales se muestran en la figura 14.

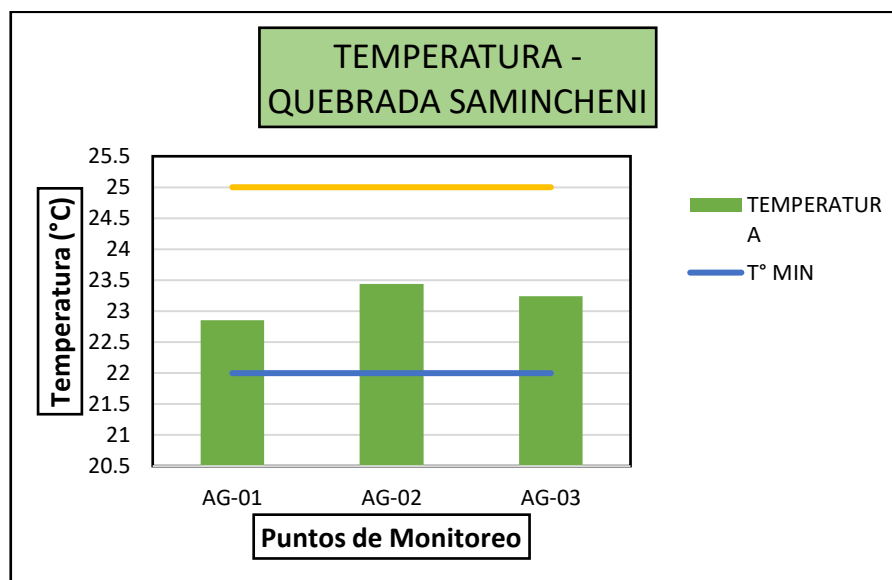
Figura 14. Resultados de Salinidad.



Fuente: Elaboración propia

- Temperatura: En los puntos de monitoreo AG-01, AG-02 y AG-03, se reportaron temperaturas de 22,85 °C, 23,44 °C y 23,24 °C respectivamente. Encontrándose dentro de la variación de (03) grados respecto al promedio del área evaluada establecido por los Estándares de Calidad Ambiental para agua según D.S. N° 004-2017-MINAM (Todas las categorías evaluadas).

Figura 15. Resultados de temperatura.



Fuente: Elaboración propia

4.2.4. Fisiografía y uso de suelos

Según la información de la municipalidad distrital de Pichanaki gran parte del ámbito del distrito está dominada ligeramente por suelos con incipiente desarrollo genético: Inceptisols, con perfil tipo A/Bw/C, con epipedón ócrico, con sub horizontes de diagnóstico Cámbico (Bw), con colores de matices pardos, pardo oscuros, pardo amarillento a pardo fuerte y rojo amarillentos a rojizos; con drenaje natural bueno a imperfecto; textura fina y moderadamente fina; media, moderadamente gruesa; gruesa, moderadamente profundos a profundos; con fertilidad natural mayormente baja; pH moderada a muy fuertemente ácida; relieve plano a ondulado y pendiente ligeramente inclinada a muy empinada (2-75%). Una superficie menor del área de estudio, está conformada por suelos jóvenes (Entisols) sin desarrollo genético, con perfil tipo A/AC/C, con

epipedón ócrico, con colores de matices pardos, pardo grisáceos claros a pardo amarillento o pardo fuerte; con escasa presencia de gravosidad y pedregosidad subsuperficial en algunos sectores con presencia de materiales aluviales; con drenaje natural bueno a imperfecto; textura moderadamente gruesa a media y moderadamente fina a fina; superficiales a profundos; con fertilidad natural mayormente baja; reacción o pH moderada a extremadamente ácida; relieve plano o casi a nivel a ondulado y pendiente ligeramente inclinada a muy empinada (0-75%).

Tabla 9. Capacidad de uso mayor de suelos.

Uso Mayor del Suelo	Hectáreas	Porcentaje
Tierras Aptas para Cultivo en Limpio (A)	4 424.45	4.06
Tierras Aptas para cultivo Permanente (C)	67 107.46	61.39
Tierras Aptas para Pastos (P)	13 401.75	12.26
Tierras Aptas para Producción Forestal (F)	21 876.03	20.01
Tierras de Protección (X)	2 478.41	2.72

Fuente. Municipalidad Distrital de Pichanaqui, 2016.

Tabla 10. Principales productos por superficie cosechada.

Principales cultivos	Porcentaje de la Superficie cosechada del área de influencia
Café	51.51%
Plátano	13.24%
Yuca	6.42%
Naranja	6.36%
Cacao	4.63%
Maíz	4.40%
Piña	2.30%
Arroz	1.82%
Total	90.68%

Fuente: Municipalidad Distrital de Pichanaqui, 2016.

En cuanto a la Capacidad de Uso Mayor del suelo, se estimó que el 77.73 % de las tierras son aptas para propósitos agropecuarios.

El estudio más reciente respecto de la capacidad de uso mayor de suelos fue en el 2016, motivo por el cual se toma esta información.

Para el ámbito geográfico de estudio se desarrolló un estudio profundo de la calidad de suelos, la cual consistió en la toma muestras de suelo en toda el área de la microcuenca y el posterior análisis en laboratorio de Edafología de la UNTELS, para dichas actividades de campo se contó con la presencia y supervisión del asesor de tesis, personal técnico para la toma de muestras y poblador local para el apoyo con los accesos.

Siguiendo la Guía para Muestreo de suelos (Decreto supremo N° 002-2013-MINAM), elaborada por el Ministerio del Ambiente, los días 23/08/2019 y 24/08/2019 se realizó la toma de muestras de suelo en 30 puntos de la microcuenca distribuidos de manera aleatoria estratificada. Se tomaron dos tipos de muestras, 23 de las cuales corresponden a un muestreo simple y los 7 restantes fueron calicatas, haciendo un estudio de perfil de suelo por horizontes.

Del posterior análisis en laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima sur desarrollado del 26/08/2019 al 10/09/2019, se tienen los resultados presentados en la tabla 11 para los parámetros de suelo en el área de estudio.

La densidad real, es variable según la proporción de elementos existentes en cada tipo de suelo y su valor generalmente se encuentra alrededor de 2,65 (FAO, 2019).

El pH representa una los parámetros más importantes en los suelos agrícolas, pues influye directamente en absorción de los nutrientes del suelo por las plantas, así como a la resolución de muchos procesos químicos que en él se producen.

La tabla 11 muestra que el suelo en la microcuenca Samincheni presenta una densidad moderada, el pH es ligeramente ácido, estos tipos de suelo presentan problemas de retención de macroelementos

como el calcio, magnesio y fósforo, mientras que, todos los micronutrientes (salvo el molibdeno) son mejor absorbidos.

Tabla 11. Resultados de calidad de suelo.

MUESTRA	COORDENADAS UTM		DENSI- DAD APARENTE (gr/cm ³)	DENSI- DAD REAL (gr/cm ³)	PH (Unidades de pH)	CONDUCTI- VIDAD ELECTRI-CA (uS/cm)
	X	Y				
P_01	526021	8778799	2.78	2.52	5.15	0.21
P_101	524464	8779025	1.62	2.14	4.53	0.24
P_102 HO	524395	8779020	2.24	2.55	5.55	0.24
P_102 HB	524395	8779020	3.42	2.11	5.2	0.25
P_103 HO	524118	8779189	1.13	1.72	4.44	0.3
P_103 HC	524118	8779189	1.74	2.44	6.08	0.13
P_104	523905	8779571	1.56	1.83	4.7	0.19
P_105	523613	8779431	1.36	2.20	4.3	0.52
P_106 C1	523406	8779151	1.71	2.49	6.09	0.11
P_106 C2	523406	8779151	1.71	2.27	5.8	0.07
P_107	523512	8778976	1.94	2.40	6.63	0.35
P_108	523761	8778534	1.78	1.64	5.83	0.2
P_111	525692	8777539	1.77	2.04	5.4	0.23
P_114 HO	525349	8777144	1.03	1.72	4.41	0.22
P_114 HA	525349	8777144	1.99	2.22	4.65	0.26
P_114 HB	525349	8777144	1.48	2.16	5.95	0.35
P_114 HC	525349	8777144	1.85	2.31	5.82	0.2
P_115	525272	8777185	1.51	1.89	5.19	0.16
P_117	524741	8777374	1.48	1.72	5.38	0.2
P_118	524493	8777591	1.59	2.17	4.32	0.25
P_119	524773	8777507	1.56	2.30	5.72	0.25
P_120	524940	8777566	1.94	2.27	5.2	0.13
P_121	524665	8777875	1.36	2.11	5.42	0.28
P_122	525148	8778015	1.61	2.33	5.04	0.24
P_123	525351	8778130	1.97	2.50	4.3	0.36
P_124	525329	8778444	1.85	2.25	6.5	0.35
P_125	525065	8779003	1.72	2.47	5.98	0.19
P_200	525895	8779251	2.03	2.07	5.87	0.16
P_201	525858	8779288	2.52	1.92	5.5	0.22
P_202	525491	8779387	1.83	1.94	5.45	0.21
P_203	525031	8779848	1.77	2.20	7.4	0.21
P_204 HA	525011	8779730	2.23	2.45	6.12	0.14
P_204 HB	525011	8779730	2.07	2.40	6.31	0.15
P_205	524891	8779650	2.94	2.49	5.75	0.21
P_206	524851	8779692	3.20	1.85	5.6	0.25
P_207 HC1	525052	8779418	1.83	1.95	6.05	0.16
P_207 HO	525052	8779418	1.32	2.13	6.22	0.13

Fuente: Elaboración propia.

La conductividad eléctrica es baja, de ello inferimos que el contenido de sales es limitado, la elevada cantidad de sales reduce el potencial osmótico de la solución del suelo, reduciendo al mismo tiempo la disponibilidad de agua para las plantas.

4.3. Descripción de la metodología

Se describe el conjunto de pasos que conlleva el proceso de la presente investigación desde la revisión bibliográfica, toma de datos, fase de campo, análisis de laboratorio y por último la etapa de gabinete.

Asimismo, se detalla el proceso de adquisición de datos para la creación de los mapas temáticos a fin de aumentar la confiabilidad y obtener los resultados esperados.

4.3.1. Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

En esta primera etapa se recopiló la información necesaria acerca del área de estudio (ubicación, geología, meteorología, actividades socioeconómicas), proyectos de investigación en el área, antecedentes puntuales referentes a la identificación de zonal con potencial de recarga hídrica.

La información tomada y procesada fue proveniente de fuentes primarias (Toma de muestras de suelo y georreferenciación de la microcuenca) y secundarias (Base de datos Asociación Bosque Modelo Pichanaki, imágenes satelitales Perusat-1 proporcionado por la Agencia Espacial del Perú, tesis, artículos, web, libros, base de datos SIG, carta nacional del Instituto Geográfico Nacional IGN, datos de formaciones geológicas del INGEMMET).

4.3.2. Fase de campo

Consistió en llevar a cabo las visitas al área de estudio para la identificación in situ del curso principal de la quebrada de la microcuenca en estudio, manantiales, geomorfología del terreno, fallas geológicas, actividades socioeconómicas, uso del suelo, cobertura vegetal.

El apoyo de pobladores locales fue fundamental en esta fase, los cuales aportaron con conocimientos respecto a accesos, los riesgos, fuentes de agua, uso del suelo.

En la presente etapa también se tomaron muestras de suelo, calicatas y estudio de perfil en diferentes puntos para su posterior análisis en el laboratorio.

4.3.3. Etapa de laboratorio

Durante la ejecución de la presente etapa se analizó y determinó los parámetros físicos y químicos de las muestras de suelo recolectadas en la fase anterior, dicho análisis se desarrolló en el Laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur y se contando con la asistencia técnica de un ingeniero agrónomo (asesor de tesis) y el responsable de laboratorio.

4.3.4. Etapa de gabinete

Fase en la que se desarrolló el borrador de tesis, se analizaron las variables: pendiente a partir de curvas de nivel, tipo de suelo en el que se determinó textura según el método de Bouyoucos, tipo de roca a partir de base de datos de formaciones geológicas en el área de estudio tomadas de la web del INGEMMET, tipos cobertura vegetal y uso de suelo de acuerdo a las actividades que se desarrollan sobre él a partir de imágenes satelitales proporcionadas por CONIDA. Por último, se concluyó a partir del mapa de zonas con potencial de recarga hídrica resultante.

Para el análisis de la cobertura vegetal se utilizaron imágenes satelitales de PERUSAT1 de tipo multiespectral utilizando índices de identificación normalizados internacionalmente.

Para la determinación de la pendiente del terreno se empleó una base de datos de curvas de nivel, en un rango de amplitud de 12.5 m de altura, lo cual nos permite tener un buen resultado a diferencia de las curvas a 50m de amplitud disponibles en la web del MINEDU consideradas inicialmente.

Se desarrolló el análisis y procesamiento de los resultados de suelo analizados en el laboratorio, con los cuales se construyó el mapa de tipo de suelo.

Se desarrolló el mapa final potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni, para el cual se empleó el programa ArcGIS v10.5; Asimismo, en esta etapa se utilizó el Excel y Word en calidad de Softwares libres.

4.4. Metodología aplicada

4.4.1. Caracterización de las zonas con potencial de recarga hídrica

Para la identificación de las zonas con potencial de recarga hídrica en parte de la microcuenca Samincheni, se analizaron y procesaron algebraicamente las siguientes variables: tipo de suelo, tipo de roca, cobertura vegetal, uso de suelo y pendiente.

Resulta de vital importancia la descripción y caracterización de cada una de las variables, debido a que cada una de ellas es fundamental para favorecer la infiltración y por ende la recarga hídrica.

El modelo utilizado, es el propuesto por Matus, 2009, en el que se jerarquiza las variables, a partir de ello se genera un porcentaje de importancia que da como resultado una ponderación final por parámetro.

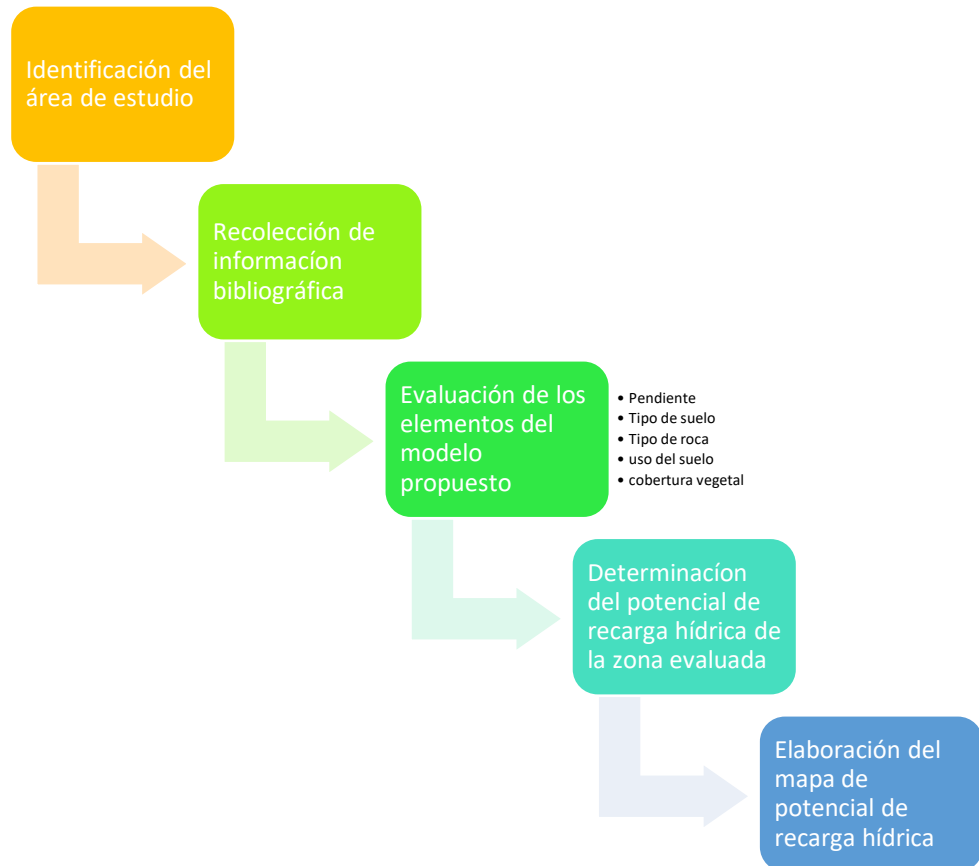
La ecuación propuesta por Matus condensa el conjunto de variables, cada una con su respectiva ponderación, el resultado se procesa algebraicamente logrando el mapa final del potencial de recarga hídrica a escala 1:15 000.

Las distintas fases del proyecto investigativo se desarrollaron de acuerdo al esquema descrito en la figura 16.

El proyecto de investigación partió con la identificación del área de estudio, posteriormente se recolectó toda la información tanto teórica referente al tema, así como también de campo, parte de la información de campo significó la inscripción de la ABMPKI a CONIDA para ser usuario de las imágenes satelitales que proveen, finalmente

se procesó la información seleccionada en gabinete y tener como resultado final el mapa de potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.

Figura 16. Metodología empleada



. Fuente: Elaboración propia modificada de (Matus, 2009).

A continuación, se describen los parámetros considerados para evaluar las zonas con potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni. Los mapas temáticos resultantes son la representación de las características de la zona.

4.4.1.1. Pendiente

La pendiente se define como el tipo o grado de inclinación que tiene un área topográfica, ésta varía de acuerdo a las características geomorfológicas del terreno y es medida en grados o porcentajes.

Este parámetro está estrechamente relacionado con la capacidad de recarga hídrica, debido a que mientras menor sea

la pendiente mayor el tiempo de contacto de la superficie terrestre con el agua de la precipitación, por ende, aumenta la infiltración. El grado de pendiente es inversamente proporcional a la capacidad de infiltración (Coy, 2015).

Para desarrollar el mapa de pendiente de la microcuenca Samincheni se tomaron curvas de nivel de 12.5 metros de rango, con lo cual se desarrolló un modelo digital de elevación el cual finalmente fue reclasificado en cinco niveles según la ponderación descrita en la tabla 12.

Tabla 12. Ponderación de la recarga hídrica según el nivel de pendiente.

Relieve	Pendiente %	Posibilidad de recarga	Ponderación
Fuertemente escarpado	>65	Muy baja	1
Escarpado	45 – 65	Baja	2
Ondulado/ cóncavo	15 – 45	Moderada	3
Moderadamente ondulado o cóncavo	6 – 15	Alta	4
Plano a casi plano, con o sin rugosidad	0 – 6	Muy alta	5

Fuente: (Coy, 2015)

4.4.1.2. Tipo de suelo

La identificación y análisis del tipo del suelo, sobre todo de la textura resulta fundamental para el presente estudio, debido a que la infiltración depende del tamaño de las partículas y porosidad (Coy, 2015).

Para el presente estudio el parámetro evaluado será la textura del suelo en 4 sub etapas, para lo cual se contará con el apoyo de un especialista, ingeniero agrónomo colegiado y habilitado.

A) Determinación de la cantidad y ubicación de los puntos de muestreo.

La primera fase, es la determinación de los puntos de muestreo y el número de muestras.

La distribución de los puntos de muestreo se realizó de manera aleatoria simple tomando en cuenta la pendiente del terreno, para asegurar que las muestras sean representativas se tomó al menos una muestra por tipo de pendiente, para lo cual partimos del mapa de curvas de nivel de la microcuenca en mención.

B) Fase de campo

En esta etapa se contó con la presencia de estudiantes de ingeniería ambiental y el asesor de tesis, quienes se trasladaron al área de estudio por dos días para el apoyo en la extracción de muestras. Además, se contó con la presencia de un poblador local para el apoyo con los accesos.

La toma de muestras se desarrolló siguiendo la normativa ambiental peruana vigente, específicamente la "Guía para muestreo de suelos" aprobada por el Ministerio del Ambiente en el año 2014, en el marco del DS N°002-2013-MINAM, Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Suelo.

Las muestras se tomarán por el sistema calicata hasta la profundidad de un metro y teniendo las consideraciones con respecto al acceso, las pendientes, los equipos necesarios.

La cantidad de muestra, envase, ficha de muestreo de suelos (ver anexo 4), traslado se desarrollaron de acuerdo a las consideraciones de la guía detallada en el párrafo anterior.

Es importante tener en cuenta la seguridad del personal, para ello se contó con los equipos de protección personal y las consideraciones necesarias a fin de

salvaguardar la vida y la salud, además se contó con un botiquín de primeros auxilios debido a que en el área geográfica de estudio se presenta gran cantidad de riesgos por la espesa vegetación y la presencia de animales venenosos. En cuanto a la toma de muestras se hizo con guantes de látex a fin de evitar su contaminación.

El transporte a la ciudad de Lima, se hizo en bus lo cual significo 10 horas de viaje teniendo en cuenta la protección de las muestras.

C) Análisis de laboratorio

Una vez tomadas las muestras se trasladaron en bus hasta la ciudad de Lima, y se analizarán en el Laboratorio de edafología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur.

La determinación de la textura del suelo se hizo utilizando el método del hidrómetro de Bouyoucos, basado en el principio de la velocidad de caída de los cuerpos en un medio líquido, que se rige por la ley de Stokes. El método consiste en la medida de la densidad de la suspensión, la cual es función de la concentración y del tamaño de partículas presentes después de un tiempo de sedimentación. (Cano, 2015).

Los pasos se detallan a continuación:

- Pesar 50g de una muestra de suelo y transferirlo al vaso dispersión.
- Adicionar agua destilada hasta los 2/3 del volumen total; añadir 10 ml de solución de hexametáfosfato de sodio 10%.
- Dispersar durante 15 minutos.
- Transferir la suspensión de suelo a la probeta, lavando el suelo remanente que queda dentro del vaso de dispersión con ayuda de una pizeta con agua destilada.

- Enrasar con el hidrómetro dentro de la probeta, hasta la marca de 1 130 ml. si la mezcla genera mucha espuma, aplicar dos o tres gotas de alcohol isoamílico.
- Retirar el hidrómetro. Mezclar la suspensión utilizando un agitador de madera, de tal modo que todo el sedimento desaparezca de la base de la probeta. Anotar la hora exacta cuando la agitación sea terminada.
- Introducir inmediatamente y cuidadosamente el hidrómetro dentro de la suspensión, y leer exactamente a los 40 segundos después de detenida la agitación a la altura del menisco en la varilla del hidrómetro. Esta será la primera lectura realizada, la que determina la cantidad de arcilla más limo.
- Medir la temperatura de la suspensión y anotarla.
- Mantener en reposo la probeta, realizar las mismas medidas a las 2 horas.

La lectura a las 2 horas se supone como una medida de la cantidad de arcilla.

En los cálculos se debe corregir la lectura que registra el hidrómetro, por efecto de diferencia de temperatura de calibración del hidrómetro y de la suspensión.

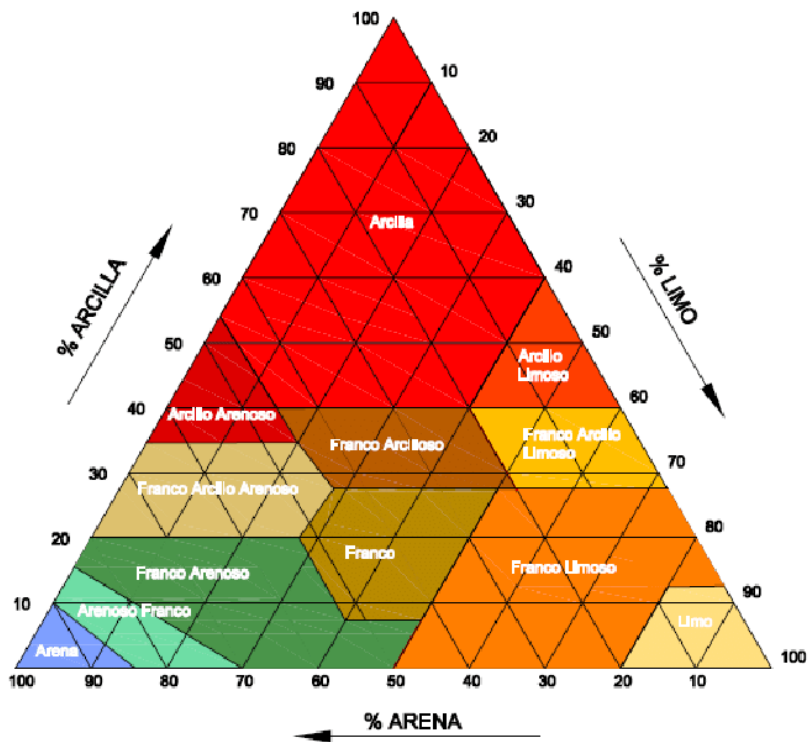
El factor de corrección encontrado es de 0.2 g/L por cada grado Fahrenheit de diferencia entre la temperatura de calibración del hidrómetro y el de la suspensión.

En el caso de tener la temperatura de suspensión mayor que la temperatura de calibración del hidrómetro, se suma el factor de corrección al valor registrado en las lecturas.

Si la temperatura es menor que la temperatura de calibración del hidrómetro, se resta el factor de corrección al valor registrado en las lecturas.

Una vez obtenido la cantidad de arena, limo y arcilla se procede a calcular el porcentaje de ello dichas partículas, y finalmente se puede determinar la textura utilizando el triángulo de clases texturales.

Figura 17. Triángulo de textura



Fuente: (Cano, 2015)

Una vez encontrado el tipo textural de las muestras de suelo, se procedió a reclasificar en cinco posibilidades de recarga que va desde muy baja para textura arcillosa hasta muy alta para textura arenosa, según la ponderación descrita en la tabla 13.

Una vez ponderadas las muestras según su nivel de recarga se procedió a interpolar los valores de textura de la microcuenca Samincheni en ArcGIS v10.5 utilizando la

herramienta “Kriging”, logrando finalmente obtener el mapa de potencial de recarga según la textura de suelo.

Tabla 13. Ponderación de la recarga hídrica según textura.

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

Fuente: (Coy, 2015)

4.4.1.3. Tipo de roca

Para la estimación del tipo de roca, se analizaron las formaciones geológicas, éstas están conformadas por un cierto material rocoso con características particulares como el tamaño, dureza, porosidad, etc.

El INGEMMET tiene disponible en su página web la data nacional de las formaciones geológicas, dicha información fue tomada para la elaboración del mapa de potencial según el tipo de roca.

La clasificación se desarrolló considerando cinco formaciones geológicas presentes en el área de estudio, Grupo Tarma, Grupo Ambo, Grupo Copacabana, Deposito Aluvial y San Ramón – Monzogranito, Sienogranito.

El grupo Tarma tiene presenta en su composición areniscas, limoarcillitas y calizas grises las cuales presentan alta permeabilidad, textura suave y con poros interconectados.

La composición rocosa del grupo Ambo, es básicamente areniscas cuarzosas limolitas y lutitas con contenido de materia orgánica, las cuales son rocas semisuaves.

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

Roca	Potencial de recarga	Ponderación
Rocas impermeables, duras, cementadas, compactadas, constituidas por partículas muy finas, sin presencia de fracturas.	Muy bajo	1
Rocas poco permeables, un poco duras, moderadamente compactadas, constituidas por partículas finas, con presencia de fracturas interconectadas; por ejemplo, la combinación de gravas con arcillas.	Bajo	2
Rocas moderadamente permeables, semisuaves, con regular conexión entre poros.	Moderado	3
Rocas permeables, suaves, constituidas por cristales o agregados medianos, con poros interconectados; por ejemplo, arena fina o arenisca con poca cementación.	Alto	4
Rocas muy permeables, muy suaves, constituidas por cristales o agregados gruesos, con macroporos interconectados; por ejemplo, arena gruesa, piedra pómez, grava o cascajo.	Muy alto	5

Fuente: (Matus, 2009)

El grupo Copacabana está compuesta de calizas bioclásticas, areniscas y lutitas negras, las cuales presentan poca permeabilidad. Por otro lado, el depósito aluvial presente en el área es producto de la acumulación de grava, arena, limo y arcilla con clastos sub angulosos a angulosos de diferente composición, estos materiales tienen a ser muy permeables por el tamaño de partículas y espacio poroso entre ellas.

Tenemos como última formación geológica a San Ramón - monzogranito, sienogranito, el cual presenta muy baja permeabilidad debido a la dureza y cementación.

4.4.1.4. Uso del suelo

El uso de suelo es el elemento más cambiante, las actividades antropogénicas pueden reducir considerablemente la recarga hídrica, tal es el caso de, la agricultura extensiva no sustentable.

Tabla 15. Ponderación de la recarga hídrica según uso de suelo.

Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación
Urbanizaciones: Centros poblados, viveros, (unidades permanentes).	Muy baja	1
Tierras con cobertura compuesta por gramíneas naturales y hierba (granos básicos, cultivos).	Baja	2
Pasto natural, arbustos y matorrales.	Moderada	3
Sistemas agroforestales (bosque conífero).	Alta	4
Bosque donde se dan los estratos de: Bosque mixto y latifoliado.	Muy alta	5

Fuente: (Coy, 2015)

Para la presente investigación, la toma más importante de datos se realizó en campo, a través de la identificación de áreas de distinto uso; sin embargo, las imágenes satelitales del sensor PERUSAT1 proporcionadas por CONIDA ayudaron

significativamente en la determinación de los distintos usos de suelos mediante las herramientas clasificación no supervisada y supervisada.

En la tabla 15 se presenta la clasificación de recarga según el uso de suelo donde se observa el muy bajo potencial de recarga hídrica de los suelos donde se asientan las poblaciones debido a la compactación que sufren, muy por el contrario, en suelos cubiertos de bosques esta capacidad es muy alta.

4.4.1.5. Cobertura vegetal

La cobertura vegetal juega un rol fundamental en la recarga hídrica, mientras mayor densidad y mayor tamaño de árboles, la velocidad de agua disminuye, reduciéndose de esta manera la escorrentía y por ende aumenta la infiltración, la cual también se facilita con el tamaño de las raíces.

En la tabla 12 se determina el tipo de cubiertas, así como su ponderación y potencial de recarga hídrica.

Tabla 16. Ponderación de la recarga hídrica según la cobertura vegetal.

Cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación
Zonas urbanizadas (zonas urbanas, tierras cultivadas en épocas anuales y temporales)	Muy baja	1
Zonas forestadas (árboles muy dispersos, pastos, matorrales)	Baja	2
Vegetación herbácea (plantas herbáceas, maleza)	Moderada	3
Arbustiva (árboles con copas que no se entrelazan)	Alta	4
Bosque natural (árboles con copas entrelazadas, bastante denso)	Muy alta	5

Fuente: (Coy, 2015)

Para la representación de la cobertura vegetal en el área de estudio, se utilizaron imágenes actuales correspondiente al mes de septiembre del año 2019, obtenidas mediante sensores remotos. Existen imágenes de muy buena resolución, como son las tomadas por el satélite peruano PERUSAT1, las cuales fueron tomadas y proporcionadas por la Agencia Espacial del Perú - CONIDA.

Mediante el software ArcGIS v10.5 se elaboró el mapa de cobertura vegetal, en el proceso se utilizaron dos métodos a fin de encontrar el mejor resultado. El primero fue la clasificación no supervisada la cual se basa en el análisis de cada pixel y mediante probabilidad crea clases (firmas) para este caso fueron 5 ponderaciones; El segundo método fue la clasificación supervisada la cual requirió la evaluación previa del área de estudio y la ubicación de puntos para cada tipo de cobertura, esto integrado a la imagen satelital crea el mapa con los 5 tipos de cobertura y por ende 5 niveles de recarga hídrica.

4.4.2. Modelo propuesto para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica

Para la presente investigación se tomó el modelo propuesto por Matus (2009), basada en las variables pendiente, tipo de suelo, tipo de roca, uso de suelo y cobertura vegetal se llega a la siguiente ecuación multicriterio:

$$ZR = [0,27 (Pend) + 0,23 (Ts) + 0,12(Tr) + 0,25(Cve) + 0,13(Us)].$$

Donde:

- Pend: Pendiente
- Ts: Tipo de suelo
- Tr: Tipo de roca
- Cve: Cobertura vegetal
- Us: Uso de suelo

De la ecuación multicriterio que se aplicará para el presente estudio se observa que la pendiente es el factor más importante para la determinación del potencial de recarga hídrica con un 27% seguido

de la cobertura vegetal y el tipo de suelo con un 25% y 23% respectivamente, mientras que el tipo de roca con 12% es el factor que menos determinante, y el uso de suelo tiene una importancia de 13%.

A partir de los resultados obtenidos de la ecuación multicriterio se clasifica el potencial de recarga hídrica según la tabla 17.

Matus, O. (2009), clasifica dicho resultado en cinco categorías para el potencial de recarga hídrica: Muy baja (1-1.99), bajo (2-2.59), moderado (2.6-3.49), alto (3.5-4.09) y muy alto (4.1-5).

Tabla 17. Clasificación del potencial de recarga hídrica.

Posibilidad de recarga hídrica	Rango
Muy alto	4.1 - 5
Alto	3.5 - 4.09
Moderado	2.6 - 3.49
Bajo	2 - 2.59
Muy bajo	1 - 1.99

Fuente: Elaboración propia.

El mínimo valor resultante del cálculo matemático de las variables según su ponderación equivale a uno, valor que representa a la posibilidad de recarga muy bajo para cada parámetro y el máximo es cinco debido a que éste equivale a un potencial de recarga muy alto de cada variable.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Generalidades

Partiendo de las evaluaciones a los parámetros que determinan las zonas potenciales de recarga hídrica y el diseño de la metodología, se obtuvieron los resultados que se describen en el presente capítulo utilizando cuadros y mapas para cada parámetro.

5.2. Pendiente

La pendiente del suelo es un parámetro muy importante en la determinación de la recarga hídrica, esto debido a que determina el tiempo de contacto del agua producto de las precipitaciones con el suelo.

Las pendientes de bajo porcentaje facilitan la infiltración el agua meteórica mientras que las con porcentaje elevado (zonas accidentadas) favorecen la escorrentía. En ese sentido, tenemos que es mayor la recarga en zonas planas y cóncavas, es decir, de pendiente poco pronunciada.

Tabla 18. Distribución del tipo de pendiente.

Pendiente %	Posibilidad de recarga	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
>65	Muy baja	16.6323	2.70
45 – 65	Baja	94.7485	15.30
15 – 45	Moderada	435.4192	70.20
6 – 15	Alta	63.5351	10.20
0 – 6	Muy alta	9.9895	1.60
TOTAL		620.3245	100

Fuente: Elaboración propia

La tabla 18 muestra el porcentaje de la superficie para cada rango establecido de pendiente. Se tiene que las zonas con pendiente mayor a 65% representan el 2.7% de la microcuenca con una superficie de 13.63 hectáreas.

Las zonas con pendiente entre 45 y 65% cubren un área de 94.75 hectáreas, lo cual representa el 15.3% del área de estudio; mientras que en dicha microcuenca predominan los suelos con pendiente entre 15 y 45% los cuales presentan una posibilidad de recarga moderada, es decir suelos ondulados y cóncavos los cuales representa el 70,2% del área total con una extensión de 435.42 hectáreas.

Las zonas moderadamente onduladas (6-15% de pendiente) y planas a casi planas (0-6% de pendiente) representan el 10.2% y 1.6% del área de la microcuenca respectivamente. Dichas zonas presentan una posibilidad de recarga hídrica de alta a muy alta.

En la figura 18 se muestra la reclasificación de las zonas con distinto potencial de recarga hídrica según la pendiente del terreno, el mapa fue trabajado utilizando el software ArcGIS 10.6; la topografía determina zonas de distinto potencial. Se muestra de color anaranjado las zonas con muy alto potencial de recarga según la pendiente, las cuales predominan en la parte baja de la microcuenca donde actualmente se desarrollan un proyecto productivo en piscicultura, sin embargo, estas zonas representan apenas el 1.6% del área total.

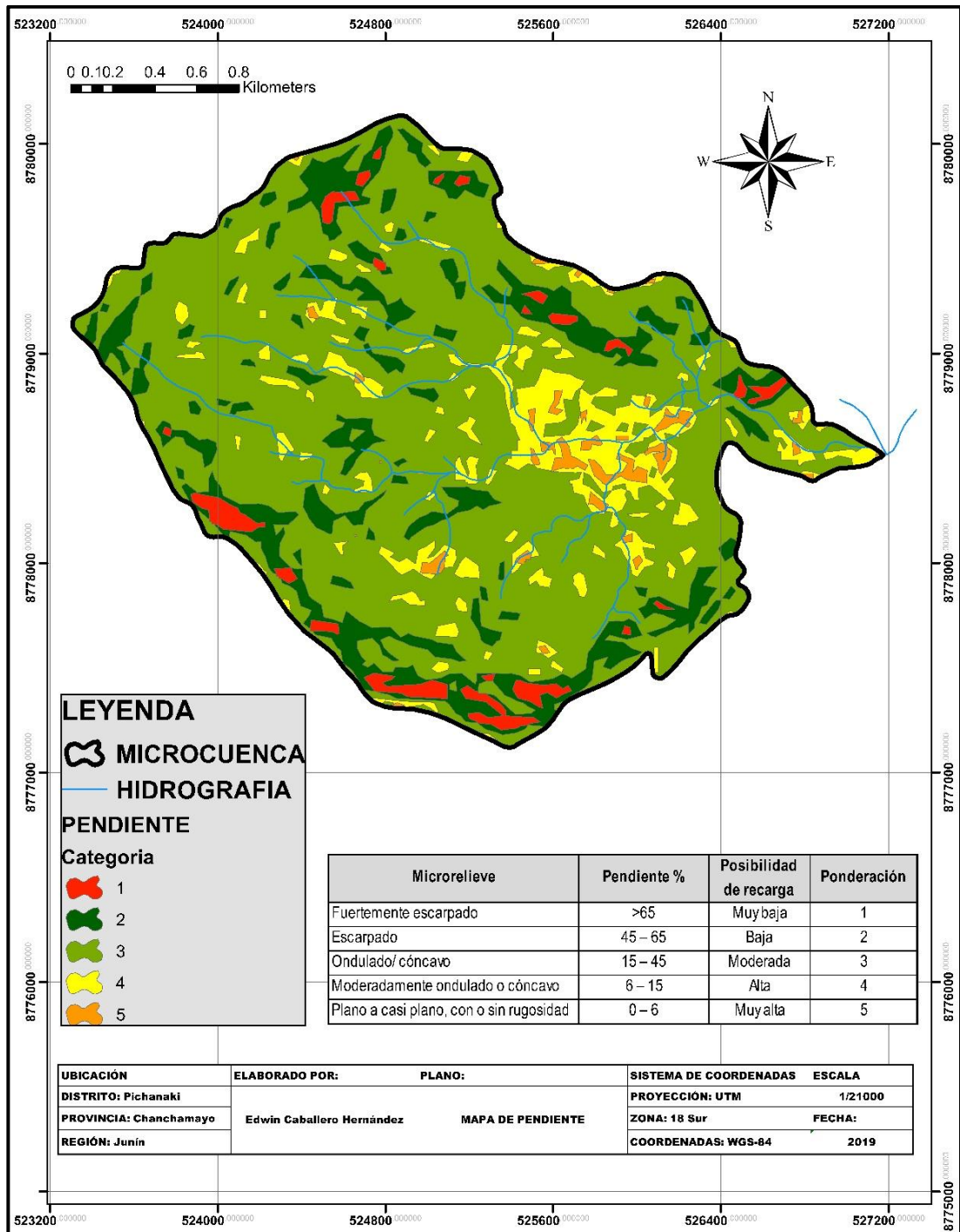
La pendiente del área de estudio influye directamente en el potencial de recarga hídrica, dicha recarga es muy alta en suelos planos y mientras que en suelos escarpados ésta suele ser muy baja.

Las áreas con muy bajo potencial se ubican en la parte alta de la microcuenca, a lo largo del perímetro del divortum acuarium; no obstante, su significancia con respecto al área total de la microcuenca es poca.

Del mapa se observa que las superficies entre 15 y 45% de pendiente las cuales tienen un potencial de recarga moderado, predominan en la

microcuenca con un 70% del área total viéndose distribuidas en toda el área de estudio.

Figura 18. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según pendiente.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.3. Tipo de suelo

Para la determinación del tipo de suelo se analizó la textura de muestras obtenidas en campo, dicho muestreo se hizo en coordinación con la asistencia especializada del asesor de tesis y siguiendo la guía de muestreo de suelo propuesta por el MINAM.

El análisis de textura de suelo se desarrolló en el laboratorio de Edafología de la Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur mediante el método del Hidrómetro de Bouyoucos, dicho ensayo tiene una alta certeza en los resultados debido a que se basa en la densidad de las partículas en suspensión arena, limo y arcilla, dichas partículas tienen un diámetro establecido según la USDA lo cual determina el tiempo en que tardan en precipitarse dentro de un líquido.

La textura del suelo tiene relación con la recarga hídrica basado en la permeabilidad, esto debido a que el tamaño de partícula determina el espacio poroso entre ellas.

Los suelos de textura arcillosa tienden a ser poco permeables, por ende, permiten la escorrentía superficial y desfavorecen la recarga siendo ésta muy baja en esta zona, además suelen encharcarse con facilidad al contacto con el agua; mientras que los suelos con mayor contenido de limo en su composición al tener mayor espacio poroso entre partículas y menos compactados son moderadamente permeables y por último los suelos arenosos tienen mayor porosidad debido al tamaño de partículas, resultan ser muy permeables y, en efecto, facilitan la recarga hídrica que será muy alta en estas áreas.

En la tabla 19 se muestran los resultados del tipo de textura por cada muestra de suelo, en el que se observan 31 puntos de muestreo habiéndose incrementado en un punto el monitoreo propuesto en el plan para la obtener un mapa de recarga hídrica más preciso. Cabe señalar que, en la fase de campo se varió ligeramente las coordenadas de los puntos de muestreo propuestos en la fase inicial en algunos puntos debido a la dificultad de accesos, riesgos en la zona, teniendo como prioridad la seguridad del personal que realizó el trabajo.

Tabla 19. Resumen de muestras de suelo analizadas.

PUNTO	CÓDIGO	COORDENADAS		TEXTURA
		X	Y	
1	P_1	526021	8778799	FRANCO ARCILLO ARENOSO
2	P_101	524464	8779025	FRANCO ARCILLO ARENOSO
3	P_102	524395	8779020	FRANCO ARCILLO ARENOSO
4	P_103	524118	8779189	FRANCO ARCILLOSO
5	P_104	523905	8779571	ARCILLA
6	P_105	523613	8779431	FRANCO ARCILLOSO
7	P_106	523406	8779151	ARCILLA
8	P_107	523512	8778976	FRANCO ARENOSO
9	P_108	523761	8778534	FRANCO ARCILLO ARENOSO
10	P_109	525410	8777895	FRANCO ARCILLOSO
11	P_111	525692	8777539	ARCILLA
12	P_114	525349	8777144	FRANCO ARENOSO
13	P_115	525272	8777185	FRANCO ARCILLOSO
14	P_116	525014	8777316	FRANCO ARENOSO
15	P_117	524741	8777374	FRANCO ARCILLO ARENOSO
16	P_118	524493	8777591	FRANCO ARCILLOSO
17	P_119	524773	8777507	FRANCO ARENOSO
18	P_120	524940	8777566	ARCILLA
19	P_121	524665	8777875	FRANCO ARCILLO ARENOSO
20	P_122	525148	8778015	ARCILLA
21	P_123	525351	8778130	FRANCO ARCILLO ARENOSO
22	P_124	525329	8778444	FRANCO
23	P_125	525065	8779003	ARCILLA
24	P_200	525895	8779251	FRANCO ARCILLO ARENOSO
25	P_201	525858	8779288	FRANCO ARENOSO
26	P_202	525491	8779387	ARCILLA
27	P_203	525031	8779848	FRANCO ARCILLO ARENOSO
28	P_204	525011	8779730	FRANCO ARCILLO ARENOSO
29	P_205	524891	8779650	ARENOSO FRANCO
30	P_206	524851	8779692	FRANCO ARCILLO ARENOSO
31	P_207	525052	8779418	FRANCO ARENOSO

Fuente: Elaboración propia, 2019.

Tabla 20. Posibilidad de recarga según tipo de suelo.

Textura	Posibilidad de recarga	Ponderación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Suelos arcillosos, con partículas muy finas.	Muy baja	1	122.0666	19.70
Suelos franco-arcillosos, con partículas finas, con muestras de compactación.	Baja	2	170.8795	27.50
Suelos franco-limosos, con partículas de tamaño medio a finas.	Moderada	3	228.3349	36.80
Suelos francos, con partes iguales de arena, limo y arcilla.	Alta	4	89.7167	14.50
Suelos franco arenosos a arenosos, con tamaño de partículas de gruesas a medias.	Muy alta	5	9.3267	1.50
Total			620.3245	100.00

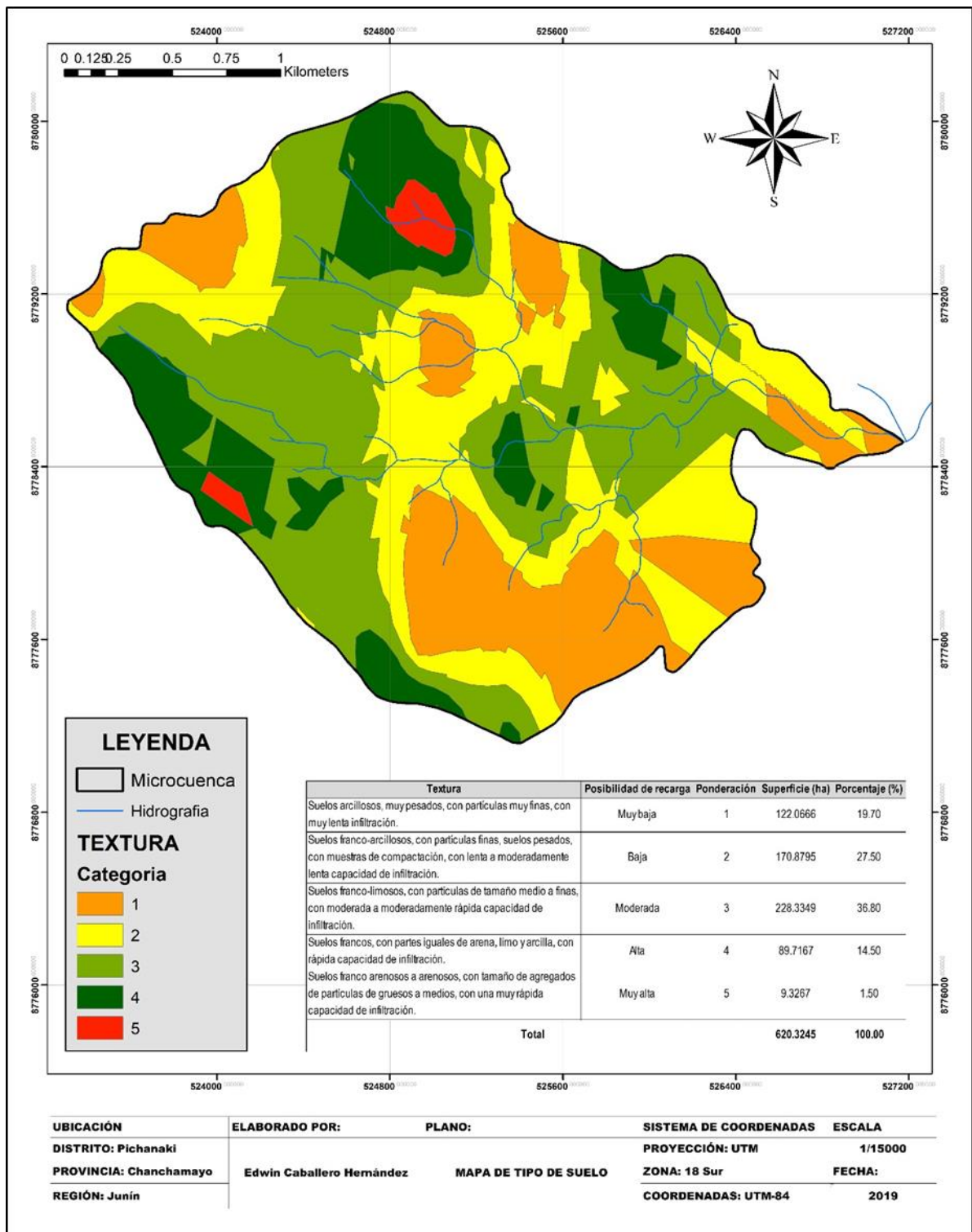
Fuente: Elaboración propia.

En la figura 19 muestra la distribución de las zonas con distinto potencial de recarga hídrica según el parámetro de textura de suelo, considerando alto para texturas gruesas y bajo para texturas finas.

Se muestran que los suelos franco arenosos, muy permeables y alto potencial de recarga, los cuales se ubican en la cabecera de la microcuenca mientras que las demás categorías están distribuidas por toda el área. Representando éstos apenas el 1.5 % del área total del área de estudio.

Según la tabla 20, se observa que en microcuenca Samincheni predominan suelos franco limosos con moderada posibilidad de recarga los cuales representan el 36.8% de superficie del área de estudio, equivalente a 228 hectáreas las cuales se encuentran distribuidas en las zonas media y alta de la microcuenca.

Figura 19. Potencial de recarga hídrica de la microcuenca Samincheni según el tipo de suelo.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En segundo lugar y con un porcentaje de incidencia de 27.5% tenemos a las zonas con posibilidad de recarga bajo según el tipo de suelo, estas manifestadas por texturas franco arcillosas con muestras de compactación, generalmente en zonas agrícolas, dichas áreas están son equivalentes a 171 hectáreas.

Los suelos arcillosos donde la posibilidad de recarga es muy baja, la escorrentía es superficial y el agua que se infiltra se transporta horizontalmente en los horizontes superiores del suelo, representan un 20% del área de estudio.

Los suelos francos con partes equivalente de arena, limo y arcilla representan el 15% del área de estudio con alta posibilidad de recarga hídrica, están distribuidos en toda la microcuenca sumando un total de 90 hectáreas.

5.4. Cobertura Vegetal

El mapa de potencial de recarga según la cobertura vegetal se desarrolló utilizando el software ArcGIS v10.6 mediante reclasificación supervisada, para lo cual se tomaron datos en campo del tipo de cobertura y sus respectivas coordenadas.

Una vez obtenidos una gran cantidad de puntos, se procedió a generar el mapa con los distintos tipos de cobertura sobre una imagen del área de estudio, tomada con el satélite peruano PERUSAT-1, correspondiente al mes de septiembre del año 2019.

En la tabla 21, se observa claramente la predominancia de las zonas de cultivo en la microcuenca, las cuales están conformadas por chacras de piña, cítricos y cacao entre los principales.

Estas zonas de cultivo representan un potencial de recarga hídrica muy bajo debido a que se encuentran sin cobertura vegetal en épocas de descanso y en algunos casos compactadas. El total de zonas con potencial muy bajo es de 370 hectáreas, las cuales representan el 60% de la microcuenca, porcentaje que nos indica que la agricultura es la principal actividad socioeconómica en el área de estudio, ampliándose cada día la frontera agrícola.

Tabla 21. Distribución del tipo de cobertura vegetal en la microcuenca.

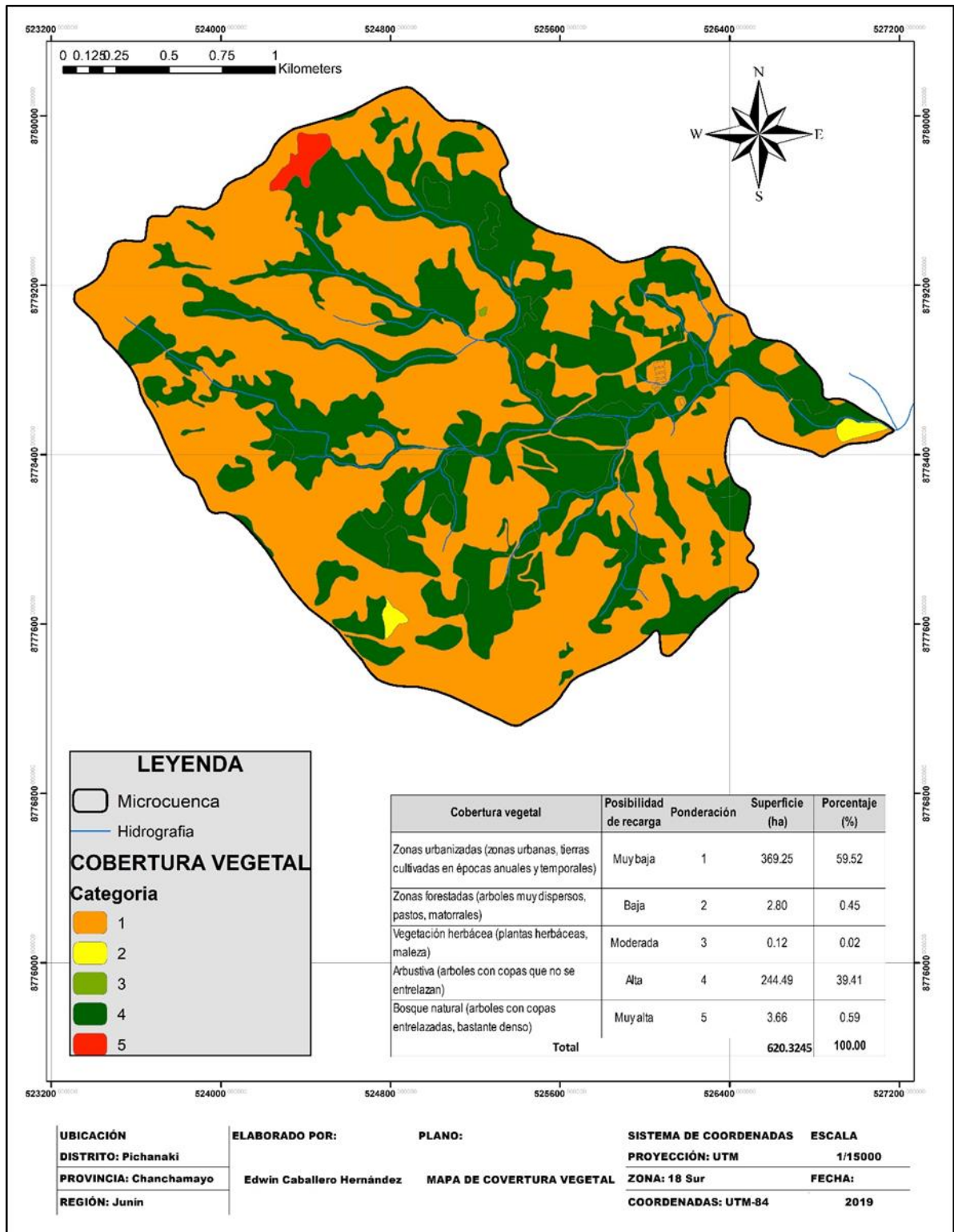
Cobertura vegetal	Posibilidad de recarga	Ponderación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Zonas urbanizadas (zonas urbanas, tierras cultivadas en épocas anuales y temporales)	Muy baja	1	369.25	59.52
Zonas forestadas (árboles muy dispersos, pastos, matorrales)	Baja	2	2.80	0.45
Vegetación herbácea (plantas herbáceas, maleza)	Moderada	3	0.12	0.02
Arbustiva (árboles con copas que no se entrelazan)	Alta	4	244.49	39.41
Bosque natural (árboles con copas entrelazadas, bastante denso)	Muy alta	5	3.66	0.59
Total			620.3245	100.00

Fuente: Elaboración propia.

A las zonas de cultivo le siguen las áreas arbustivas con un total de 244 hectáreas, 39% del total de la microcuenca las cuales presentan un potencial de recarga alto debido a que las raíces de los arbustos facilitan la infiltración del agua; además, las copas de los árboles disminuyen la fuerza de caída de las precipitaciones reduciendo así la erosión del suelo. Las zonas forestadas, vegetación herbácea y bosques primarios con posibilidad de recarga bajo, moderada y muy alto respectivamente apenas suman el 1% del total de la microcuenca.

La Figura 20 muestra la distribución de zonas de cultivo y forestadas por toda la microcuenca, mientras que existe apenas un bosque primario en la cabecera con un potencial de recarga hídrica muy alto y dos zonas forestadas con potencial de recarga moderado, la primera en la parte alta al margen suroeste y la otra cerca adyacente a la desembocadura del cauce principal al este del área estudiada.

Figura 20. Potencial de recarga hídrica de la microcuenca Samincheni según la cobertura vegetal.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

5.5. Uso de suelo

La determinación de las zonas con distinto potencial de recarga hídrica según el uso de suelo se hizo mediante el software ArcGIS V 10.6 con una imagen satelital actual (año 2019) correspondiente al sensor PERUSAT-1, con una gran calidad ya que dicha imagen tiene un tamaño de grilla de 0.7m, muy superior al de otras imágenes satelitales disponibles.

El uso de suelo está estrechamente ligado con la recarga, en el sentido que suelos agrícolas donde se desarrollan actividades antropogénicas tienden a compactarse y reducir la capacidad de infiltración del agua mientras que en suelos poco trabajados y con vegetación presentan una capacidad de recarga hídrica de alta a muy alta.

Tabla 22. Distribución de las zonas con distinto uso de suelo.

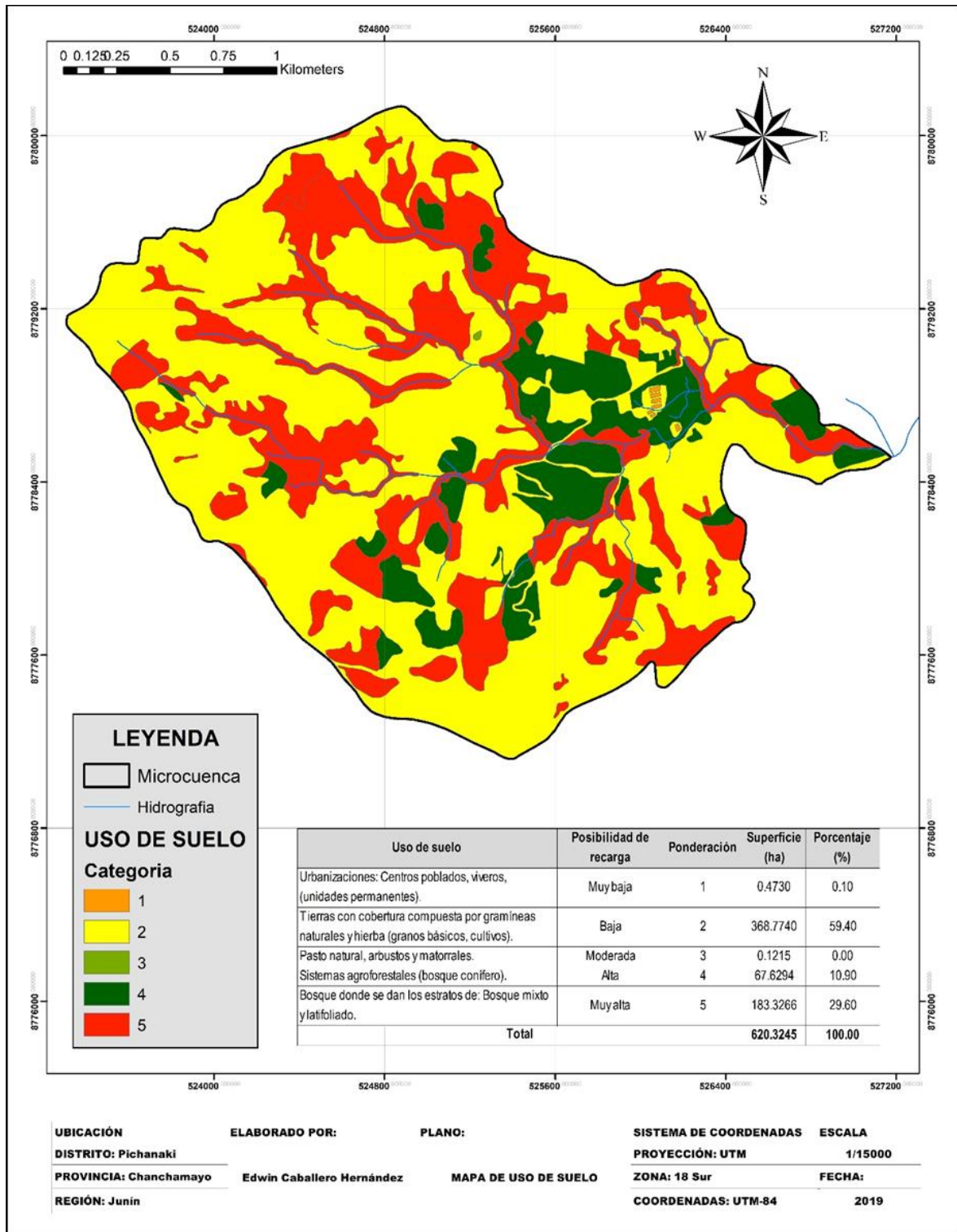
Uso de suelo	Posibilidad de recarga	Ponderación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
Urbanizaciones: Centros poblados, viveros, (unidades permanentes).	Muy baja	1	0.4730	0.10
Tierras con cobertura compuesta por gramíneas naturales y hierba (granos básicos, cultivos).	Baja	2	368.7740	59.40
Pasto natural, arbustos y matorrales.	Moderada	3	0.1215	0.00
Sistemas agroforestales (bosque conífero).	Alta	4	67.6294	10.90
Bosque donde se dan los estratos de: Bosque mixto y latifoliado.	Muy alta	5	183.3266	29.60
Total			620.3245	100.00

Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la tabla 22 se observa que la microcuenca presenta un 60% de zonas con potencial de recarga hídrica bajo, las áreas mencionadas están representadas por suelos agrícolas y equivalen a 369 hectáreas.

Suelos agroforestales, los cuales presentan una posibilidad de recarga hídrica alta representan el 30% de la microcuenca.

Figura 21. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según el uso de suelo.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Las zonas con potencial muy posibilidad de recarga muy alto están distribuidas en toda la microcuenca, dichas zonas están representadas por cobertura mixta entre árboles y arbustos con cobertura copas que no se

entrelazan, las cuales representan el 30 % de la superficie total estudiada y se encuentran adyacentes a cauces de agua.

Se observa un área con potencial muy bajo, el cual corresponde al centro de producción de peces amazónicos ubicado en la parte baja de la microcuenca.

5.6. Tipo de roca

Para la determinación de las distintas zonas de recarga según el tipo de roca se tomó información geológica del portal web del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET).

La microcuenca de estudio es producto de cinco formaciones geológicas, Grupo Tarma, Grupo Ambo, Grupo Copacabana, Deposito aluvial y San Ramón - Monzogranito, Sienogranito, los cuales tienen distintas características en cuanto a composición y por ende distinta permeabilidad.

Tabla 23. Distribución del tipo de roca en la microcuenca.

Formación geológica	Potencial de recarga	Ponderación	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
San Ramón	Muy bajo	1	348.4830	56.20
Grupo Copacabana	Bajo	2	18.0740	2.90
Grupo Ambo	Moderado	3	127.1247	20.50
Grupo Tarma	Alto	4	106.4617	17.20
Deposito Aluvial	Muy alto	5	20.1811	3.30
Total			620.3245	100.00

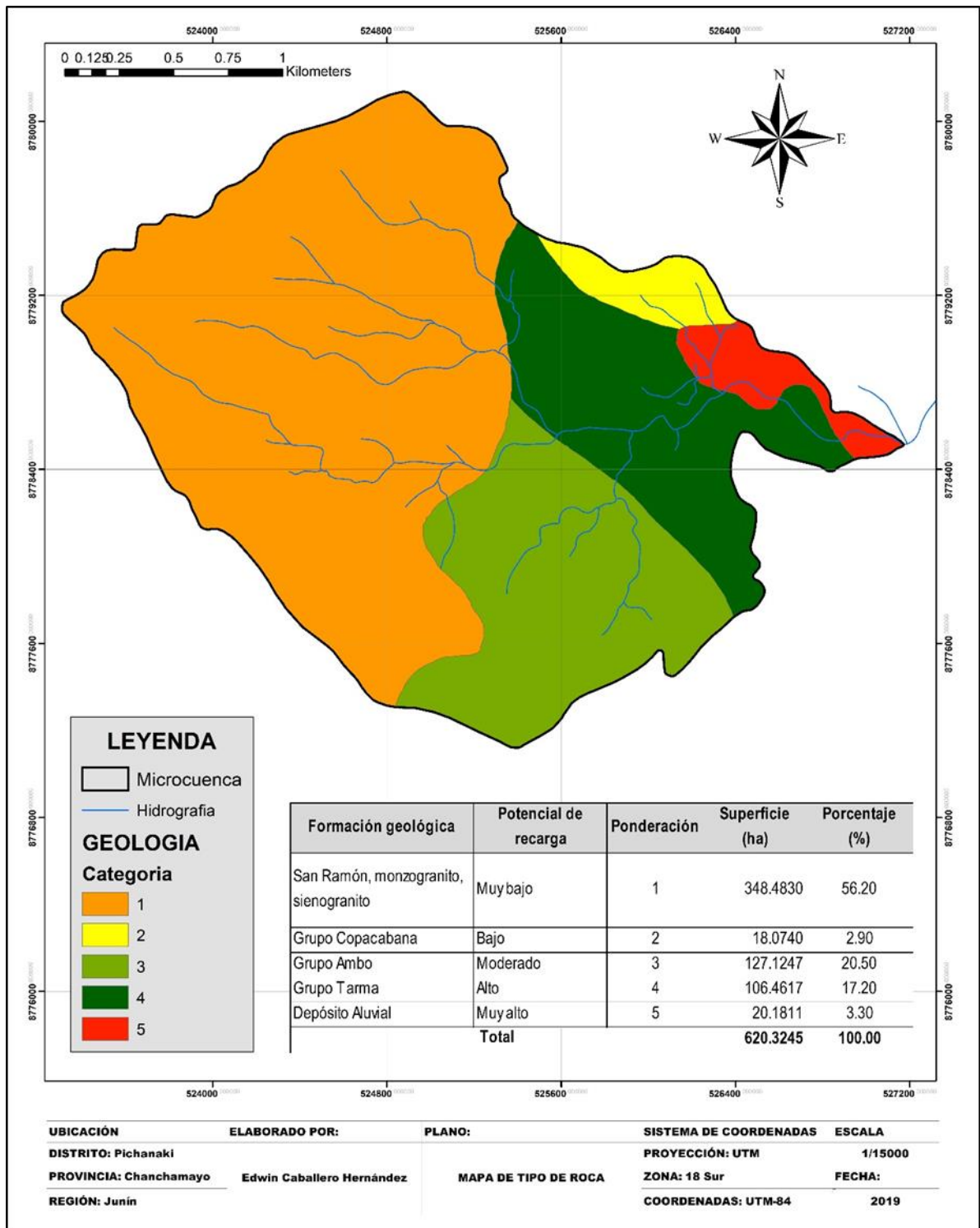
Fuente: Elaboración propia

En la tabla 23 se observa que se encuentra en mayor porcentaje 56% los suelos con potencial de recarga muy bajo, representados por el grupo San Ramón.

Los grupos Ambo y Tarma con potencial de recarga moderado y alto respectivamente, tienen importancia media.

El grupo Copacabana y deposito aluvial representan una mínima parte de la microcuenca.

Figura 22. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni según el tipo de roca.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

En la figura 22 se observa que la zona con potencial de recarga hídrica muy alto se encuentra en la parte baja de la microcuenca, adyacente al río

Ipoki, fuente de agua donde desemboca la quebrada Samincheni, curso de agua principal del área de estudio.

Las zonas con recarga hídrica baja, moderada y alta cubren la parte media de la microcuenca.

La parte alta del área estudiada se caracteriza por tener un potencial de recarga hídrica muy baja según el tipo de roca.

5.7. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca.

Una vez obtenidos los mapas de recarga hídrico según cada tipo de parámetro, se procedió a identificar las zonas con distinto potencial en la microcuenca de estudio según la ecuación descrita en el capítulo anterior.

El potencial de recarga hídrica está determinado por 5 parámetros según la ecuación propuesta por O. Matus (2009), en la que se considera el factor más importante a la pendiente con un 27%, seguido de la cobertura vegetal que tiene un peso de 25%, la ponderación del tipo de suelo es de 23% mientras que a el uso de suelo se le considera 13% de importancia y por último tenemos al tipo de roca con 12%.

La tabla 24 muestra el porcentaje de área para cada nivel de recarga hídrica, en la que observamos que no existen en la microcuenca de estudio zonas con potencial muy alto.

Tabla 24. Superficie de las zonas de recarga hídrica.

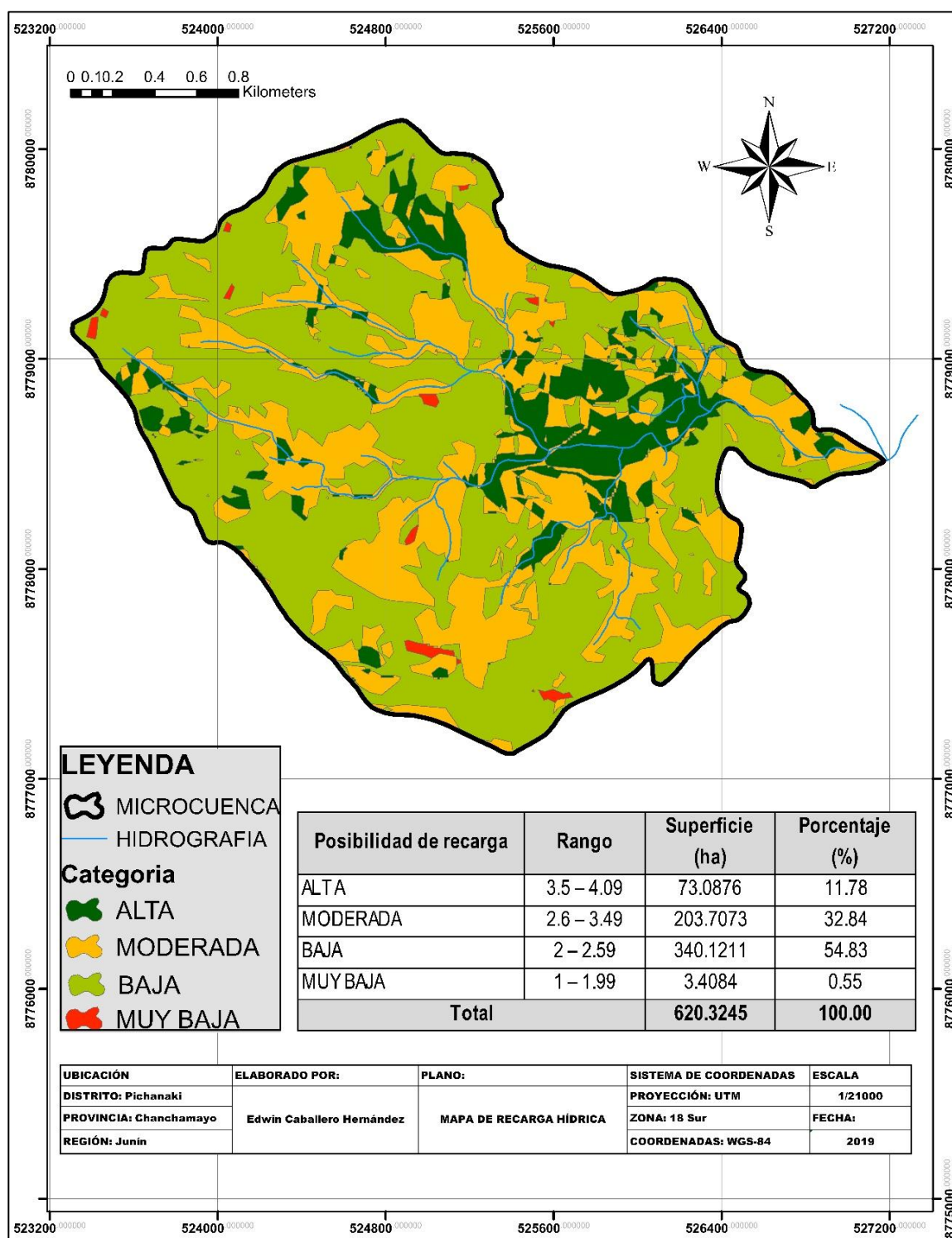
Posibilidad de recarga hídrica	Rango	Superficie (ha)	Porcentaje (%)
MUY ALTA	4.1 - 5	0	0
ALTA	3.5 - 4.09	73.0876	11.78
MODERADA	2.6 - 3.49	203.7073	32.84
BAJA	2 - 2.59	340.1211	54.83
MUY BAJA	1 - 1.99	3.4084	0.55
Total		620.3245	100.00

Fuente. Elaboración propia.

En la microcuenca predominan suelos con potencial de recarga bajo el cual cubre más de la mitad del territorio de estudio (54.83%) con un total de 340 hectáreas; seguidamente, están los suelos con potencial de recarga moderado con un total de 204 hectáreas que representan el 33%.

Las áreas con potencial alto representan el 11% de la microcuenca las cuales suman 73 hectáreas y por último tenemos las zonas con un potencial muy bajo que apenas representa el 0.55% de la microcuenca con un total de 3 hectáreas.

Figura 23. Zonas de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.



Fuente: Elaboración propia, 2019.

Se observa en la figura 23, de color verde oscuro las zonas con potencial de recarga hídrica alto que se ubican principalmente en la parte baja – media de la microcuenca donde si observamos el mapa 3 la pendiente es baja y muy baja, y en menor proporción en las partes altas al norte y oeste de la microcuenca donde según el mapa 4 la textura del suelo es arenosa y según el mapa 5 la cobertura vegetal es boscosa.

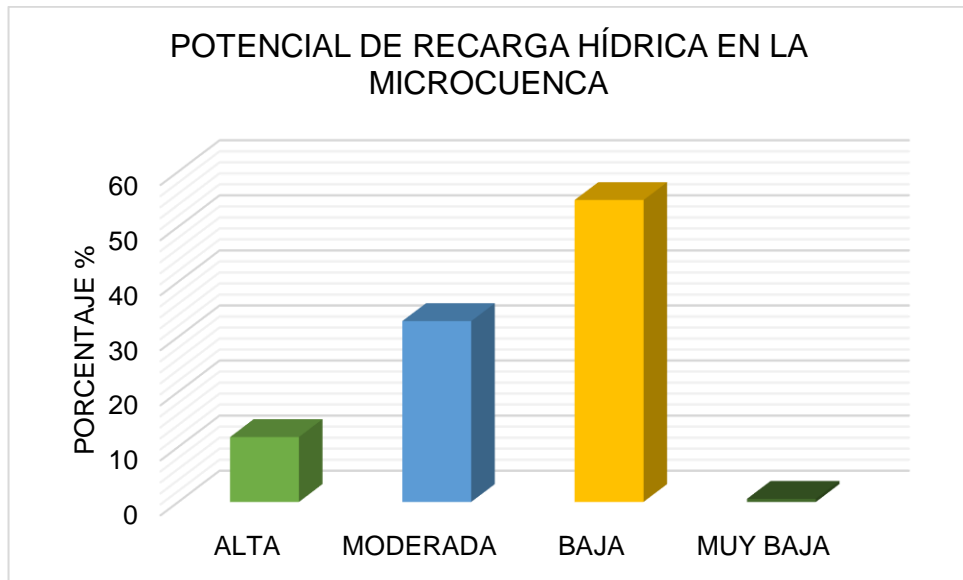
Las zonas con potencial moderado están distribuidas en toda el área de estudio, esto debido a que los resultados de cada parámetro analizados determinan potencial moderado distribuido en toda la microcuenca a excepción el tipo de roca que solo tenemos potencial moderado al sureste de la microcuenca. Se observa también que las zonas con potencial moderado están adyacentes a las fuentes de agua donde se presenta mayor vegetación.

Asimismo, se encuentran distribuidas en toda la microcuenca las zonas con potencial de recarga hídrica bajo, a diferencia de las zonas con potencial moderado es que en estas últimas no se encuentran cauces de agua.

Por último, tenemos a las zonas con potencial de recarga hídrica muy baja, las cuales están dispersas en la parte media y alta de la microcuenca donde según el mapa de tipo de suelo la textura es arcillosa y según el mapa de uso de suelo existen cultivos anuales.

No encontramos en la microcuenca Samincheni zonas con potencial de recarga hídrica muy alta, esto se debe a que dicho resultado solo puede ser posible si tenemos a los cinco factores analizados que afectan la recarga hídrica con potencial muy alto superpuestos en el mismo punto, y en referencia a la superficie en investigación no se da el caso.

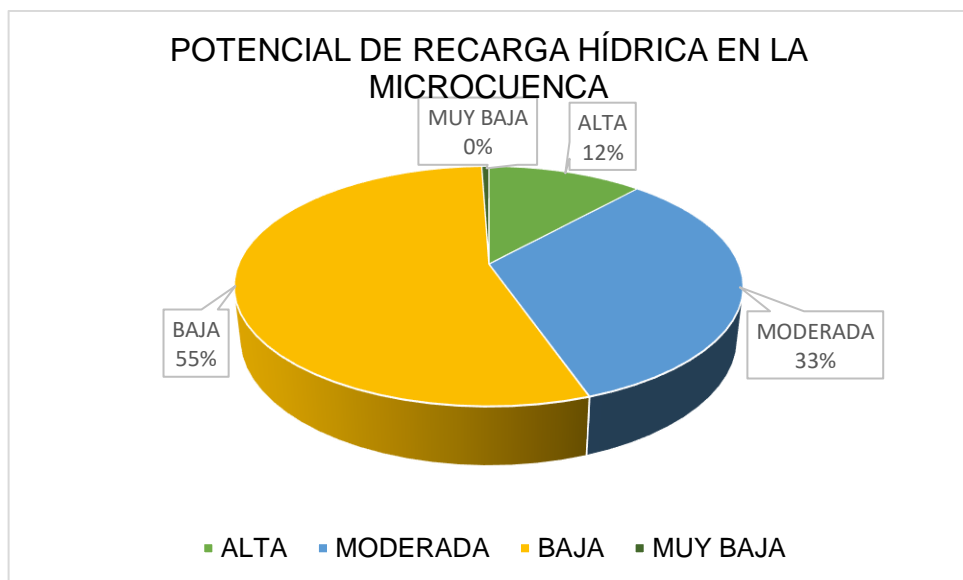
Figura 24. Potencial de recarga hídrica en la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia

Notamos claramente en la figura 24 de color amarillo la predominancia de las zonas con potencial bajo, requiriéndose necesariamente planes que permitan la restauración del ecosistema sobretodo en cuanto a la cobertura vegetal en estas zonas, para mejorar dicha recarga fin de alcanzar el objetivo máximo que es asegurar un caudal constante de agua durante todo y las actividades de acuicultura en la parte baja sean viables.

Figura 25. Proporción de las zonas de recarga hídrica.



Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- La microcuenca Samincheni, comprendida dentro del territorio del distrito de Pichanaki presenta un potencial de recarga hídrica muy bajo, bajo, moderado y alto los cuales representan el 0.5%, 54.8%, 32.8% y 11.8% del área total, respectivamente. Observándose la clara predominancia de áreas con potencial de recarga hídrica bajo y la inexistencia de áreas con potencial muy alto.
- El impacto de las actividades antropogénicas en el potencial de recarga hídrica de la microcuenca Samincheni es negativo, atribuyendo a la agricultura como actividad predominante y que determina que el potencial en dichas zonas sea desde muy bajo hasta moderado en el mejor de los casos y en cuanto a la magnitud se puede indicar que afecta sobre tres parámetros de los cinco que se tomaron para evaluar la recarga hídrica, es decir sobre el 50% de las variables.
- La medida correctiva para la recuperación de las zonas con potencial de recarga hídrica bajo es la reforestación con especies arbóreas endémicas de la microcuenca; mientras que, para las zonas con potencial moderado las medidas de recuperación y conservación serían la reforestación y restricción del cambio de usos de suelo; por último, las medidas para el aprovechamiento de las zonas con potencial alto es la concientización direccionada al poblador local para un uso sostenible y sustentable de los recursos presentes y que determinan la recarga hídrica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda adoptar medidas correctivas que permitan la recuperación y conservación de las zonas donde el potencial de recarga hídrica bajo y alto respectivamente, toda acción debe partir de talleres de educación y concientización ambiental a los habitantes de la microcuenca en los que se imparta conocimientos de enfoque ecosistémico y de los servicios que este presta, se debe lograr que el dueño de cada parcela se sienta comprometido con la conservación de la misma. Entre las medidas más recomendadas está la reforestación en las zonas descubiertas, agregara materia orgánica (rastrojo) en áreas compactadas para mejorar la textura y estructura del suelo, dar fin a la práctica de tumba y quema en las zonas forestadas e implementar proyectos productivos sostenibles y sustentables en el área para mejorar la calidad de vida de los pobladores y por consiguiente evitar que la actividad agrícola convencional se expanda en zonas vírgenes.
- Se debe reforestar con especies endémicas del lugar y siguiendo los criterios técnicos forestales y agronómicos las zonas con muy bajo, bajo y moderado potencial a fin de mejorar la recarga hídrica, considerando que los arboles están estrechamente relacionados con los factores de recarga hídrica considerados para la presente investigación, los beneficios de la vegetación que más destacan son los siguientes: mejoran la infiltración del agua producto de las precipitaciones a través de la porosidad que se presenta entre las raíces y el suelo, evitan la erosión del suelo producto de la escorrentía en pendientes elevadas y limitan la degradación de la estructura superficial del suelo al impedir con las hojas y tallos que las precipitaciones caigan con fuerza.
- Aplicar en la microcuenca estudiada los “Mecanismos de Retribución Por Servicios Ecosistémicos” establecidos en la Ley N° 30215, de manera consensuada con los distintos niveles de gobierno, autoridades comunales, instituciones, población asentada en la microcuenca y usuarios de agua del CPM Las Palmas a fin de conseguir que los pobladores de las partes altas protejan la cabecera de cuenca con ello

aseguren una buena recarga hídrica y disponibilidad de agua, a cambio de ello reciban un incentivo establecido en la norma antes mencionada, los pobladores de las zonas bajas serán quienes aprovechen este servicio y quienes a través de actividades productivas sustentables generen tales incentivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Blanco, H. (2010). *Áreas de recarga hídrica de la parte media-alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito, San Carlos, Costa Rica*. San José.
- Buendía, O. (2018). *Bosque Modelo Pichanaki, una herramienta para el manejo sustentable de los recursos naturales en la selva central del Perú*. Lima.
- Bueso, M. L. (2010). *Identificación y caracterización de las zonas con mayor potencial de recarga hídrica en las subcuencas de los ríos Tacó y Shusho, municipio de Chiquimula*. Guatemala.
- Cano, A. (2015). *Manual de practicas de la materia de Edafología*. Chiapas.
- Cardenas, M. (2017). *Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA), influencia en el comportamiento hidrológico*. Cuenca.
- Charría, W. G. (2015). *El sistema complejo de la cuenca hidrográfica*. Medellín: UNAL.
- Chiong, C. K. (2015). *Estimación de la recarga de acuífero Rimac - sector Ate, mediante el riego de áreas verdes*. Lima.
- Chow, V. T., & David R. Maidment, L. W. (1994). *Hidrología aplicada*. Bogotá, Colombia: Mc GRAW HILL.
- Córdova, M. (2016). *Parámetros geomorfológicos de cuencas hidrográficas*. Lima.
- Coy, M. J. (2015). *Identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en la subcuenca del río Tzunutz*. Cobán.
- Donis, L. (2015). *Identificación de zonas de recarga hídrica en la microcuenca del río Negro, ciudad de Guatemala*. Guatemala.
- FAO. (17 de diciembre de 2019). www.fao.org. Obtenido de <http://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>

- González, A. (2004). Análisis morfométrico de la cuenca y de la red de drenaje del río Zadorra y sus afluentes aplicado a la peligrosidad de crecidas. *A.G.E.*, 311-329.
- Google. (2019). *Google maps*.
- Ibáñez, S., Moreno, H., & Gisbert, J. (2011). *Morfología de las cuencas hidrográficas*. Valencia.
- INEI. (2018). *Resultados definitivos de los censos nacionales 2017*. Lima.
- López, E., Posada, C., & Moreno, J. (1998). *Los Sistemas de Información Geográfica*. Cádiz.
- Mamami, E. (2017). *Recarga artificial de acuíferos en función de las características geohidráulicas para incremento de la disponibilidad hídrica en el manantial Collana - Cabanilla*. Puno.
- Matinez, D. S., & Gómez, J. J. (2013). *Inventario de los manantiales que aportan agua al río Júcar en la provincia de Albacete y su descripción hidrogeológica*. *Inventario de los manantiales que aportan agua al río Júcar en la provincia de Albacete y su descripción hidrogeológica*. Albacete: Dialnet.
- Matus, O. D. (2009). *Elaboración participativa de una metodología para la identificación de zonas potenciales de recarga hídrica en subcuencas hidrográficas, aplicada a la subcuenca del río Jucuapa, Matagalpa, Nicaragua*. Costa Rica.
- MINAM. (2014). *Guía para muestreo de suelos*. Lima.
- MINAM. (7 de Junio de 2017). DECRETO SUPREMO N° 004-2017-MINAM. *El Peruano*, págs. 10-19.
- Ministerio del Ambiente - MINAM. (2012). *Glosario de términos de uso frecuente en la gestión ambiental*. Lima: MINAM.
- Molina, P. G. (2017). Procesos de gestión de unidades de información y distribución turística. En P. G. Molina, *Procesos de gestión de unidades de información y distribución turística* (pág. 222). La Rioja: Tutor Formación.

- Murillo, J., & Navarro, J. (2008). *Las aguas subterráneas en la investigación y la gestión hídrica medioambiental*. España: Instituto Geológico y Minero de España.
- Ordoñez, J. (2011). *Aguas Subterráneas - Acuíferos*. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Perez, J. (1979). *Fundamentos del ciclo hidrológico*. Caracas.
- Ricce, M., & Robles, K. (2014). *Evaluación de la disponibilidad de recursos hídricos superficiales y estrategias de gestión sostenible en la microcuenca Río Negro - Satipo*. Satipo.
- Rodríguez, H. (2018). *Curva Hipsométrica*. La Molina.
- SGM. (16 de Diciembre de 2018). SGM. Obtenido de <http://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html>.
- Vásquez, A. (2016). *Manejo y gestión de cuencas hidrográficas*. Lima: Fondo Editorial - UNALM.
- Vásquez, N. (2008). *Plan de ordenamiento territorial participativo para la gestión de zonas potenciales de recarga hídrica en la microregión hidrográfica Balalaica, Turrialba, Costa Rica*. Turrialba.

ANEXOS

Anexo 1. Precipitación Estación Pichanaki


Tabla 25. Promedio de precipitación mensual Estación Pichanaki (mm).

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Σ
2010	414.1	256.9	94.1	121.9	69.3	30.1	0.7	33.3	35.7	38.7	162.9	251.3	3519
2011	317	261.1	177.4	142.6	52.6	19.6	71.3	81.5	58.7	84.4	97.6	278.6	3653.4
2012	242.2	378.6	183.8	73.7	97.3	20.4	37.8	25.2	51.7	33.5	284.9	429.9	3870.95
2013	162.8	236.7	310.5	53.7	72.6	85.2	10.6	68.5	79.6	223.2	89.3	362.1	3767.8
2014	326.9	229.2	175.8	102.1	155	62.8	63.63	39.6	128.16	154.2	88.5	249.9	3789.77
2015	288.2	207.5	175	90.1	111.1	52.2	31.3	45.3	77.7	116.9	102.9	144.5	3457.7
2016	154.7	251.2	200	33	37.4	21.8	33.7	33.1	82.9	146.-3	70.2	351.1	3431.4
2017	292.8	217.4	306.5	-	83	-	-	-	-	-	-	-	-
Promedio	274.83	254.83	202.89	88.16	84.79	41.73	35.58	46.64	73.49	113.89	128.04	295.34	

Fuente: SENAMHI, 2019.

Anexo 2. Caudal de agua en el curso principal

Tabla 26. Cálculo del caudal del curso principal de agua.

PROYECTO: IDENTIFICACIÓN DEL POTENCIAL DE RECARGA HÍDRICA EN LA MICROCUENCA LAS PALMAS								
TIPO DE FUENTE	Quebrada	COORDENADAS						
CONDICION	Cauce natural	Norte	8778637					
DENOMINACION	Punto N° 2	Este	526663					
UBICACIÓN		ALTITUD	518 msnm					
Lugar	Saminchani	METODO DE AFORO	Correntómetro					
Comunidad	C.P.M. Las Palmas	Nº de secciones	3					
Distrito	Pichanaki	FECHA	21/06/2019					
Provincia	Chanchamayo	RESPONSABLE	Bach. E. Caballero					
Departamento	Junín							
DISTANCIA DESDE LA ORILLA	PROFUNDIDAD	% PROF	PROFUNDIDAD DE MEDICIÓN					
(m)	(m)	(%)	(m)	(m/s)	(m/s)	(m)	(m ²)	(m ³ /s)
0	0							
0.3	0.22	20%	0.044	0.3	0.25	0.2	0.044	0.011
		80%	0.176	0.2				
0.4	0.2	20%	0.04	0.6	0.45	0.175	0.035	0.01575
		80%	0.16	0.3				
0.65	0.16	20%	0.032	0.5	0.375	0.4	0.064	0.024
		80%	0.128	0.25				
1.2	0							
								0.05075

Fuente: Elaboración propia.

Anexo 3. Resumen fotográfico monitoreo calidad de agua.

Figura 26. Calibración en campo de multiparámetro Hanna, punto de monitoreo P_03. Microcuenca Samincheni, CPM Las Palmas Ipoki. (22/06/2019).



Fuente: Elaboración propia

Anexo 4. Ficha de muestreo de suelo

Tabla 27. Ficha de muestreo de suelo.

Anexo 3. Ficha de muestreo de suelo.

Datos generales:	
Nombre del sitio en estudio: <i>Samincheni</i>	Departamento: <i>Junin</i>
Razón social: <i>C.P.M Las Palmas</i>	Provincia: <i>Chanchamayo</i>
Uso principal: <i>Agrícola</i>	Dirección del predio: <i>CMP Palmas</i>
Datos del punto de muestreo:	
Nombre del punto de muestreo: <i>P-102</i>	Operador: <i>Edwin Caballero</i>
Coordenadas: X: <i>524395</i> Y: <i>8779020</i>	Descripción de la superficie: <i>Chacra - Agrícola.</i>
Temperatura (°C): <i>-</i>	Precipitación: <i>-</i>
Técnica de muestreo: <i>Guía - MINAM</i>	Instrumentos usados: <i>PAIA - PICO</i>
Profundidad final: <i>100 cm</i>	Napa freática: <i>-</i>
Datos de las muestras:	
Clave de la muestra: <i>P-102</i>	
Fecha: <i>23/08/2019</i>	
Hora: <i>12:25</i>	
Profundidad desde: <i>0 cm</i>	
Profundidad hasta: <i>100 cm</i>	
Características organolépticas:	
Color: <i>Naranja</i>	
Olor: <i>Naranja</i>	
Compactación/ Consistencia: <i>Compactado</i>	
Humedad: <i>Poco húmedo.</i>	
Cantidad de la muestra: <i>2 kg.</i>	
Medidas de conservación: <i>T° aislada</i>	
Tipo de muestra: <i>Detalle.</i>	

Fuente. Elaboración propia modificada de (MINAM, 2014).

Anexo 5. Resumen fotográfico del muestreo de suelo.

Figura 27. Llenado de hojas de campo, punto P_103. (23/08/2019).



Fuente: Elaboración propia

Figura 28. Calicata punto P_102. (izquierda).

Figura 29. Estudio de perfil del suelo punto P_105 (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 6. Análisis de parámetros físico-químicos del suelo.

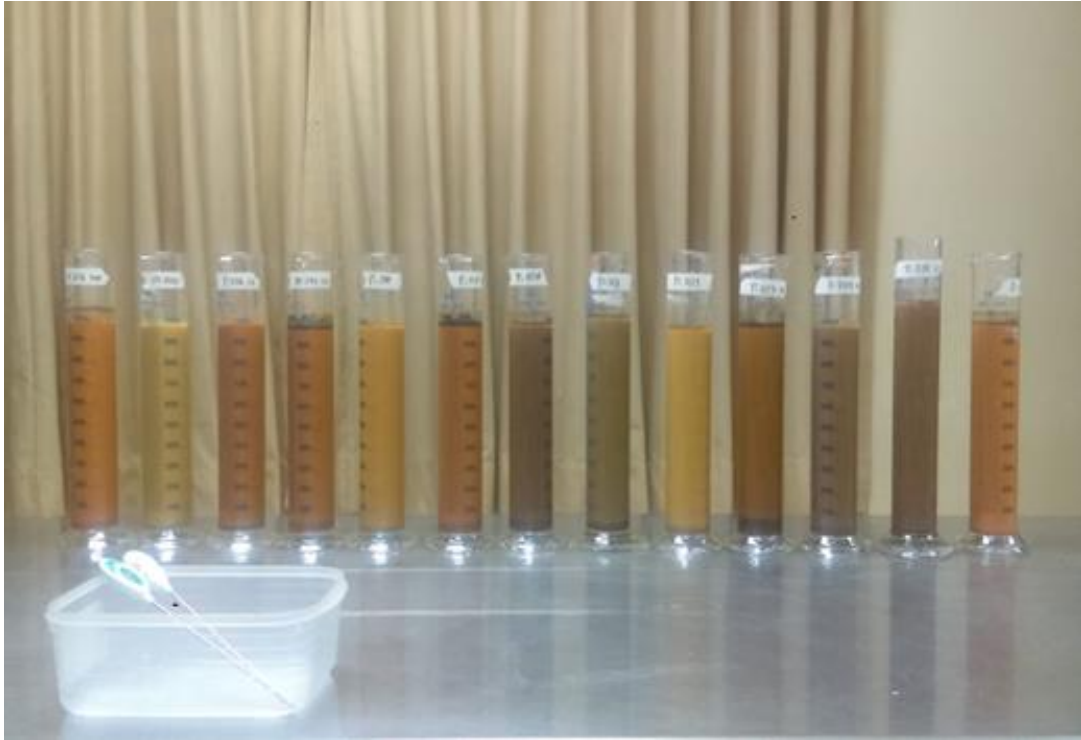
Figura 30. Pesado de muestras, Laboratorio Edafología UNTELS (27/08/2019) (izquierda).

Figura 31. Toma de lectura con el hidrómetro para determinar textura. (derecha).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 32. Determinación de textura de muestras de suelo de la microcuenca.
Laboratorio Edafología, UNTELS (28/08/2019).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 33. Determinación de densidad real de suelo, Laboratorio Edafología
UNTELS (04/09/2019).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 34. Determinación de PH del suelo (26/09/2019). (Izquierda).

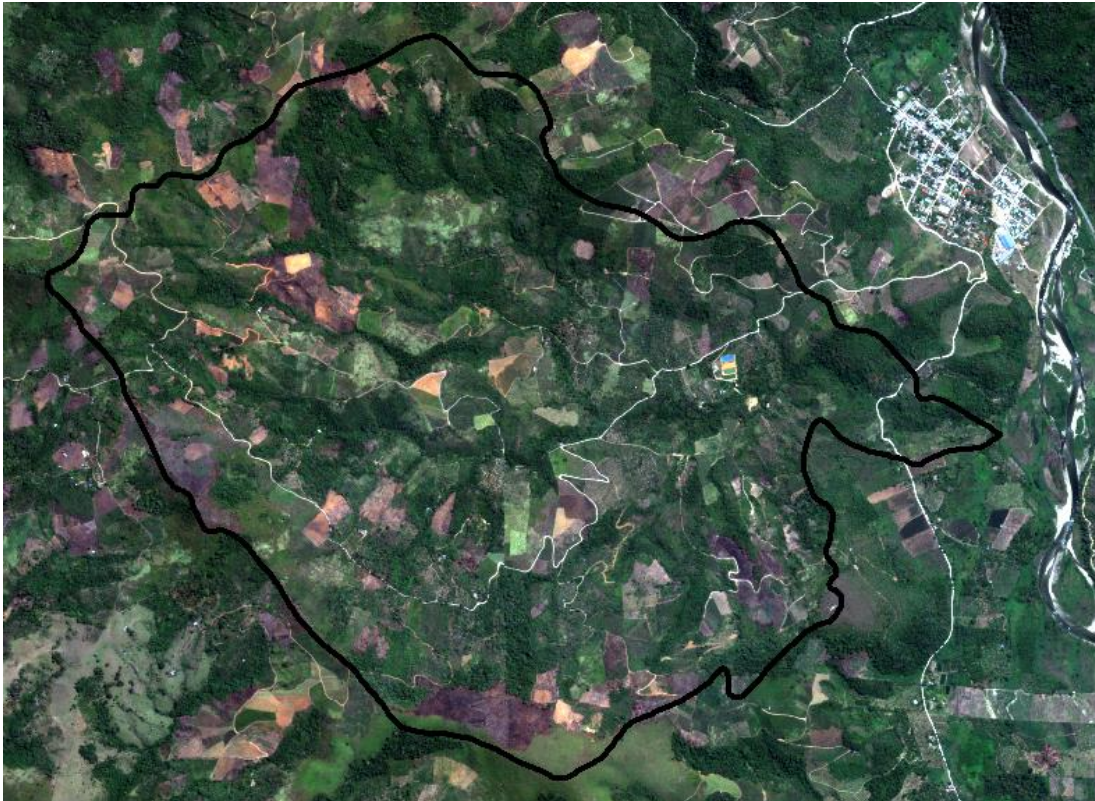
Figura 35. Medición de Conductividad Eléctrica del suelo (28/09/2019). (Derecha).



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 7. Imagen Satelital PERUSAT_1

Figura 36. Mapa Satelital



Fuente: CONIDA, 2019.

- ✓ Nombre: ORT_PER1_20190915151334_000
- ✓ Sensor: PERUSAT-1
- ✓ Nivel de procesamiento geométrico: Ortho
- ✓ Nivel de procesamiento radiométrico: Básico
- ✓ Tipo: Multiespectral
- ✓ Número de bandas espectrales: 4
- ✓ Fecha de producción: 2019-10-01T16:58:14.85992Z
- ✓ Identificación del proveedor: CONIDA (Space Agency of Peru) – CNOIS

Anexo 8. Resumen fotográfico del nivel de pendiente de la microcuenca.

Figura 37. Pendiente moderada predominante en la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 38. Las partes altas de la microcuenca, se caracterizan por tener mayor pendiente.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 9. Resumen fotográfico de la cobertura vegetal de la microcuenca.

Figura 39. Presencia de rozos, para el cultivo de kion, cabecera de cuenca con poca cobertura.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 40. Zonas de mayor vegetación, por donde existe la presencia de cauces de agua y sin presencia de áreas agrícolas.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 10. Resumen fotográfico del uso de suelo de la microcuenca.

Figura 41. Cultivo de piña en la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 42. Presencia de plantaciones de cítricos en la microcuenca.



Fuente: Elaboración propia.

Anexo 11. Matriz de consistencia

Tabla 28. Matriz de consistencia

Problema general	Objetivo general	Hipótesis general	Variables Dependientes	Dimensiones	Indicadores	Método
¿Cuál es el potencial de recarga hídrica de las distintas zonas de la microcuenca Samincheni, distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, departamento de Junín?	Identificar el potencial de recarga hídrica en las distintas zonas de la microcuenca del Samincheni, Distrito de Pichanaki, provincia de Chanchamayo, Departamento de Junín.	En la microcuenca Samincheni, distrito de Pichanaki, departamento de Junín, existe un potencial de recarga hídrica variable.	Recarga hídrica	Potencial de recarga hídrica en la microcuenca	Zonas con potencial de recarga hídrica: muy bajo, bajo, moderado, alto, muy alto.	Mapeo de las zonas de recarga hídrica con ArcGIS
Problemas específicos	Objetivos específicos	Hipótesis específicas	Variables Independientes	Dimensiones	Indicadores	Método
<p>¿En qué medida las actividades antropogénicas afectan el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni?</p> <p>¿Qué medidas correctivas se debe adoptar para permitir el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente?</p>	<p>Determinar el impacto y magnitud de las actividades antropogénicas en el potencial de recarga hídrica en la microcuenca Samincheni.</p> <p>Proponer medidas correctivas que permitan el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente.</p>	<p>Las actividades antropogénicas en la cuenca Samincheni, generan un impacto negativo en el potencial de recarga hídrica.</p> <p>Existen medidas correctivas que permitirán el aprovechamiento, recuperación y conservación en zonas donde el potencial de recarga hídrica es alto, bajo y moderado respectivamente.</p>	Pendiente	Niveles de pendiente (curvas de nivel)	Terreno escarpado, ondulado, cóncavo, plano.	Análisis con ArcGIS
			Cobertura vegetal	Tipos de cobertura vegetal	Zonas urbanas, z. forestadas, vegetación herbácea, v. arbustiva, bosque natural.	Análisis de imágenes de satelitales con ArcGIS
			Tipo de suelo	Textura de suelo	Porcentaje de arena, limo y arcilla (Triángulo de textura)	Método de Boyoucouss
			Tipo de roca	Formaciones geológicas	Porcentaje de recarga según tipo de formación geológica.	Análisis de información geológica con ArcGIS
			Uso de suelo	Actividad y/o cobertura en la superficie de la microcuenca.	Urbanizaciones, pasto natural, sistemas agroforestales, bosque.	Análisis de imágenes satelitales con ArcGIS

Fuente: Elaboración propia.