



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y RECURSOS NATURALES

CARRERA DE INGENIERÍA DE MEDIO AMBIENTE

IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 A 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018.

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniera en Medio Ambiente.

AUTORA

Vargas German Miriam Paulina

TUTOR

Mg. Lcdo. Jaime Rene Lema Pillalaza

LATACUNGA- ECUADOR

Agosto 2018

DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Yo, **Miriam Paulina Vargas German** declaro ser autora del presente proyecto de investigación **IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 a 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018**, siendo el Mg. Lcdo. Jaime Rene Lema Pillalaza tutor del presente trabajo; y eximo expresarme a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posible reclamo o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Miriam Paulina Vargas German

175143385-3

CONTRATO DE CESIÓN NO EXCLUSIVA DE DERECHOS DE AUTOR

Comparecen a la celebración del presente instrumento de cesión no exclusiva de obra, que celebran de una parte **Miriam Paulina Vargas German**, identificada con **C.C. 175143385-3** de estado civil Casada, y con domicilio en la Parroquia San Juan de Pastocalle barrio Ortuño, a quienes en lo sucesivo se denominará **LA CEDENTE**; y, de otra parte, el Ing. MBA. Cristian Fabricio Tinajero Jiménez, en calidad de Rector y por tanto representante legal de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con domicilio en la Av. Simón Rodríguez Barrio El Ejido Sector San Felipe, a quien en lo sucesivo se le denominará **EL CESIONARIO** en los términos contenidos en las cláusulas siguientes:

ANTECEDENTES: CLÁUSULA PRIMERA.- LA/EL CEDENTE es una persona natural estudiante de la carrera de INGENIERÍA EN MEDIO AMBIENTE, titular de los derechos patrimoniales y morales sobre el trabajo de grado IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 A 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018, la cual se encuentra elaborada según los requerimientos académicos propios de la Facultad según las características que a continuación se detallan:

Historial académico.

Fecha de inicio de la carrera: septiembre 2012

Fecha de finalización: agosto 2018

Aprobación HCA:

Tutor: Mg. Lcdo. Jaime Rene Lema Pillalaza

Tema: “IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 A 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018”

CLÁUSULA SEGUNDA. - EL CESIONARIO es una persona jurídica de derecho público creada por ley, cuya actividad principal está encaminada a la educación superior formando

profesionales de tercer y cuarto nivel normada por la legislación ecuatoriana la misma que establece como requisito obligatorio para publicación de trabajos de investigación de grado en su repositorio institucional, hacerlo en formato digital de la presente investigación.

CLÁUSULA TERCERA. - Por el presente contrato, **LA CEDENTE** autoriza a **EL CESIONARIO** a explotar el trabajo de grado en forma exclusiva dentro del territorio de la República del Ecuador.

CLÁUSULA CUARTA. - OBJETO DEL CONTRATO: Por el presente contrato **LA CEDENTE**, transfieren definitivamente a **EL CESIONARIO** y en forma exclusiva los siguientes derechos patrimoniales; pudiendo a partir de la firma del contrato, realizar, autorizar o prohibir:

- a) La reproducción parcial del trabajo de grado por medio de su fijación en el soporte informático conocido como repositorio institucional que se ajuste a ese fin.
- b) La publicación del trabajo de grado.
- c) La traducción, adaptación, arreglo u otra transformación del trabajo de grado con fines académicos y de consulta.
- d) La importación al territorio nacional de copias del trabajo de grado hechas sin autorización del titular del derecho por cualquier medio incluyendo mediante transmisión. e) Cualquier otra forma de utilización del trabajo de grado que no está contemplada en la ley como excepción al derecho patrimonial.

CLÁUSULA QUINTA. - El presente contrato se lo realiza a título gratuito por lo que **EL CESIONARIO** no se halla obligada a reconocer pago alguno en igual sentido **LA CEDENTE** declaran que no existe obligación pendiente a su favor.

CLÁUSULA SEXTA. - El presente contrato tendrá una duración indefinida, contados a partir de la firma del presente instrumento por ambas partes.

CLÁUSULA SÉPTIMA. - CLÁUSULA DE EXCLUSIVIDAD. - Por medio del presente contrato, se cede en favor de **EL CESIONARIO** el derecho a explotar la obra en forma exclusiva, dentro del marco establecido en la cláusula cuarta, lo que implica que ninguna otra persona incluyendo **LA CEDENTE** podrán utilizarla.

CLÁUSULA OCTAVA. - LICENCIA A FAVOR DE TERCEROS. - EL CESIONARIO podrá licenciar la investigación a terceras personas siempre que cuente con el consentimiento de **LA CEDENTE** en forma escrita.

CLÁUSULA NOVENA. - El incumplimiento de la obligación asumida por las partes en las cláusulas cuartas, constituirá causal de resolución del presente contrato. En consecuencia, la resolución se producirá de pleno derecho cuando una de las partes comunique, por carta notarial, a la otra que quiere valerse de esta cláusula.

CLÁUSULA DÉCIMA. - En todo lo no previsto por las partes en el presente contrato, ambas se someten a lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, Código Civil y demás del sistema jurídico que resulten aplicables.

CLÁUSULA UNDÉCIMA. - Las controversias que pudieran suscitarse en torno al presente contrato, serán sometidas a mediación, mediante el Centro de Mediación del Consejo de la Judicatura en la ciudad de Latacunga. La resolución adoptada será definitiva e inapelable, así como de obligatorio cumplimiento y ejecución para las partes y, en su caso, para la sociedad. El costo de tasas judiciales por tal concepto será cubierto por parte del estudiante que lo solicitare.

En señal de conformidad las partes suscriben este documento en dos ejemplares de igual valor y tenor en la ciudad de Latacunga, a los 7 días del mes de agosto del 2018.

Vargas German Miriam Paulina

LA CEDENTE

Ing.MBA. Cristian Tinajero Jiménez

EL CESIONARIO

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título:

“IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 A 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018”, de Vargas German Miriam Paulina, de la carrera de Ingeniería en Medio Ambiente, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2018.

El Tutor.

Mg. Lcdo. Jaime Rene Lema Pillalaza

CI.171375993-2

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales; por cuanto, la postulante: **Vargas German Miriam Paulina**, con el título de Proyecto de Investigación: **“IDENTIFICACIÓN DE LAS ÁREAS DE IMPORTANCIA HÍDRICA EN EL PISO BIOCLIMÁTICO BSPNO1 DE 300 A 1400 MSNM DENTRO DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” EN LA PARROQUIA EL TINGO, CANTÓN PUJILÍ, PROVINCIA DE COTOPAXI 2018”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, agosto del 2017

Para constancia firman:

Lector 1. (Presidente)

Nombre: Ing. José Andrade Mg.

CC: 0502524481

Lector 2.

Nombre: Ing. Mercy Ilbay Mg.

CC:060414790-0

Lector 3.

Nombre: Ing. Juan Espinosa M.Sc.

CC: 171347432-6

AGRADECIMIENTO

Agradezco principalmente a Dios por darme la fuerza necesaria para superar todas las adversidades que se me presentaron en el arduo camino por conseguir mi meta.

A mi Madre Mariana German, por toda la confianza puesta en mí, por siempre brindarme su amor, cariño y sobre todo su apoyo incondicional para la culminación de mi meta.

A mis hermanas Ligia, Erika, Emily mi más sincero agradecimiento por siempre estar en los momentos más difíciles que he tenido que vivir.

A mis abuelitos a quienes aprecio mucho quienes me enseñaron a seguir adelante como una mujer valiente, por su cariño y consejos oportunos, por guiarme por el camino que debía seguir, hasta donde estoy y quien soy.

A todas mis amigas por su amistad, compañía, apoyo para la culminación de nuestra carrera Universitaria.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a la Carrera Ingeniería de Medio Ambiente, a los docentes por todo las experiencias y conocimientos impartidos.

Miriam Vargas.

DEDICATORIA

Este logro se lo dedico a mi esposo Juan José German por su apoyo incondicional y sobre todo por su amor.

A mi madre Mariana German porque siempre puedo contar con ella en todos los momentos, gracias por el apoyo brindado a mi hija y a mí, en el largo camino de mi carrera universitaria.

A mi hija María José porque ella es mi motivación, mi motor e inspiración para seguir superándome, por siempre recibirme con los brazos llenos de alegría y sobre todo por enseñarme a ser mamá.

Miriam Vargas.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIA Y RECURSOS NATURALES

TITULO: “Identificación de las áreas de importancia hídrica en el piso bioclimático BsPn01 de 300 a 1400 msnm dentro del proyecto de investigación “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” en la Parroquia el Tingo, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi 2018.”

Autora: Miriam Paulina Vargas German

RESUMEN

La investigación se realizó en la Parroquia el Tingo Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi, el objetivo principal de este estudio fue identificar las áreas de importancia de recarga hídrica, para asegurar la sostenibilidad de los recursos naturales y en especial el agua, para ello es importante delimitar la cuenca hídrica y el piso bioclimático BsPn01 de 300 a 1400 msnm, lo que generó información importante del área de estudio ya que existía escasa información generada en el sector.

Se utilizó el software comercial ArcGis 10.2, es una herramienta SIG que ayudó a facilitar la ejecución de operaciones y análisis entre capas de información para observar la distribución espacial de los resultados, tales como pendientes, áreas de importancia de recarga hídrica, que permitan proponer medidas de conservación de las especies existentes en la zona de estudio. Además, permitió visualizar y generar un mapa, que mostrará de forma clara la ubicación del lugar de estudio. El uso de los SIG es tecnología fundamental para la gestión hidrográfica ya que facilitó la realización de cálculos con mayor precisión y menor tiempo.

Para identificar las principales zonas de recarga hídrica se utilizó el método RAS que consiste en elaborar mapas de recarga hídrica mediante balance climático, pendientes, temperatura y precipitaciones, además se realizaron propuestas de medidas para el manejo y conservación del recurso hídrico lo cual aportará información importante como base para posteriores investigaciones sobre la recarga hídrica.

Palabras claves: zonas de recarga hídrica, zona de estudio, cuenca hidrográfica.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**FACULTY OF AGRICULTURAL SCIENCES AND NATURAL RESOURCES**

THEME: "Identification of water areas importance in the bioclimatic floor BsPnO1 from 300 to 1400 meters above sea level within the research project" RECOVERY OF GERMPLASM OF VEGETABLE SPECIES OF THE NORTH-WESTERN ZONE "in El Tingo Parish, Pujilí Canton, Cotopaxi Province 2018."

Author: Miriam Paulina Vargas German

ABSTRACT

The research was carried out in El Tingo Parish, Pujilí Canton, Cotopaxi Province, the primary objective of this study was to identify the areas of importance of water recharge to ensure the sustainability of natural resources and especially water, it was important delimited the water basin and the bioclimatic floor BsPnO1 from 300 to 1400 meters above sea level, which generated important information from the study area since there was little information generated in the sector.

The researcher used the commercial software ArcGis 10.2, it is a GIS tool that helped to facilitate the execution of operations and analysis between layers of information to observe the spatial distribution of the results, such as slopes, areas of importance of water recharge which make possible to propose measures of conservation of existing species in the study area. Also, it allowed to visualize and generate a map which will clearly show the location of the study site. The use of GIS is a fundamental technology for hydrographic management since it facilitates calculations with greater precision and less time.

To identify the main areas of water recharge, the RAS method was used which consists of preparing water recharge maps by means of climatic balance, slopes, temperature and rainfall, as well as proposed measures for the management and conservation of the water resource, which will provide relevant information as a basis for further research on water recharge.

Keywords: water recharge zones, study area, watershed.

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN..... | 18 |
| 2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO. | 19 |
| 3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO | 20 |
| 3.1. Beneficiarios directos..... | 20 |
| 3.2. Beneficiarios indirectos. | 20 |
| 4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. | 21 |
| 5. OBJETIVOS: | 22 |
| 5.1. OBJETIVO GENERAL..... | 22 |
| 5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS..... | 22 |
| 6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS..... | 23 |
| 7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA | 24 |
| 7.1. Cuenca hidrográfica | 24 |
| 7.1.1. Clasificación de cuencas hidrográficas..... | 24 |
| 7.1.2. Partes de la cuenca hidrográfica..... | 25 |
| 7.1.3. Manejo de cuencas..... | 25 |
| 7.2. Ciclo hidrológico..... | 25 |
| 7.2.1. Evaporación | 26 |
| 7.2.2. Condensación..... | 26 |
| 7.2.3. Precipitación | 26 |
| 7.2.4. Infiltración..... | 27 |
| 7.2.5. Escorrentía | 27 |
| 7.3. Áreas de recarga hídrica | 27 |
| 7.3.1. Según INAB (2003), los factores que afectan la recarga hídrica son: | 28 |
| 8. PREGUNTA CIENTÍFICA | 28 |
| 9. METODOLOGÍA | 29 |

| | |
|--|-----------|
| 9.1. DELIMITACION Y CARACTERIZACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO. ... | 29 |
| 9.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DIVISIÓN POLÍTICA ADMINISTRATIVA | 29 |
| 9.1.2. Características morfométricas | 30 |
| 9.1.3. Características hidrológicas | 31 |
| 9.2.1. Zonas de protección absoluta. | 34 |
| 9.2.2. Zonificación territorial..... | 34 |
| 9.2.3. Método RAS de (Junker, 2005)..... | 35 |
| 10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS. | 37 |
| 10.1. Delimitación y caracterización del área de estudio..... | 37 |
| 10.1.1. Ubicación geográfica y división política administrativa | 37 |
| 10.1.2. Características morfométricas | 39 |
| 10.1.3. Características hidrológicas | 40 |
| 10.1.5. Suelo | 48 |
| 10.1.6. Principales amenazas naturales | 53 |
| 10.1.7. Áreas protegidas..... | 57 |
| 10.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RECARGA HÍDRICA..... | 58 |
| 10.2.1. Zonas de protección absoluta..... | 58 |
| 10.2.2. Método RAS de (Junker, 2005) | 61 |
| 10.2.3. Coeficiente de infiltración..... | 63 |
| 10.2.4. RAS..... | 66 |
| 10.2.5. Priorización de las zonas de recarga hídrica | 66 |
| 10.3. PROPONER MEDIDAS DE CONSERVACION DEL RECURSO HIDRICO. | 68 |
| 11. CONCLUSIONES | 71 |
| 12. RECOMENDACIONES | 71 |

13. BIBLIOGRAFÍA72

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|---|----|
| Tabla 1. Datos generales de los beneficiarios directos. _____ | 20 |
| Tabla 2. Datos generales de los beneficiarios indirectos. _____ | 20 |
| Tabla 3. Actividades en relación a los objetivos planteados. _____ | 23 |
| Tabla 4. Valores kg y ciclos vegetativos _____ | 35 |
| Tabla 5. Valores de kp. _____ | 36 |
| Tabla 6. Valores kv. _____ | 36 |
| Tabla 7. Valores kfc. _____ | 36 |
| Tabla 8. Distribución de la superficie cantonal en la zona de estudio. _____ | 38 |
| Tabla 9. Rangos de Pendiente. _____ | 44 |
| Tabla 10. Información muestra del archivo de permeabilidad. _____ | 47 |
| Tabla 11. Clases de permeabilidad. _____ | 47 |
| Tabla 12. Usos de suelos del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _ | 49 |
| Tabla 13. Cobertura vegetal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. | 52 |
| Tabla 14. Promedios en cada zona de recarga hídrica. _____ | 60 |
| Tabla 15. Evapotranspiración Potencial _____ | 61 |
| Tabla 16. Determinación del kv,kp y kfc _____ | 65 |
| Tabla 17. Cálculo del RAS _____ | 66 |
| Tabla 18: Tabla de resumen. _____ | 67 |

ÍNDICE DE GRÁFICOS

| | |
|--|----|
| Ilustración 1. Ubicación de la CrSP en la Provincia de Cotopaxi. _____ | 29 |
| Ilustración 2. Ubicación del piso bioclimático BsPn01 en la Provincia de Cotopaxi ____ | 38 |
| Ilustración 3. Zona de estudio del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 38 |
| Ilustración 4. Red de drenaje de la cuenca del río San Pablo. _____ | 40 |
| Ilustración 5. Cauce principal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. | 41 |
| Ilustración 6. Isoyetas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. ____ | 42 |
| Ilustración 7. Isotermas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. __ | 43 |
| Ilustración 8. Pendientes del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _ | 44 |
| Ilustración 9. Tipo de pendiente que se encuentra en la CrSP _____ | 45 |
| Ilustración 10. Litología del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _ | 46 |
| Ilustración 11. Permeabilidad del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. | 48 |
| Ilustración 12. Usos de suelos del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 50 |
| Ilustración 13. Cobertura vegetal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 51 |
| Ilustración 14. Aptitud del suelo en el bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. | 52 |
| Ilustración 15. Peligro Volcánico en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 54 |
| Ilustración 16. Actividad Sísmica en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 55 |
| Ilustración 17. Fallas geológicas en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 56 |
| Ilustración 18. Área de inundaciones en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 57 |
| Ilustración 19. Reserva Ecológica en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 58 |
| Ilustración 20. Área de recarga hídrica del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 59 |
| Ilustración 21. Temperaturas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. | 60 |
| Ilustración 22. Evapotranspiración del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ | 61 |

Ilustración 23. Determinación del kv del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ 63

Ilustración 24. Determinación del kp del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ 64

Ilustración 25. Determinación del kfc del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ 65

Ilustración 27: Priorización de las ZRH del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo. _____ 68

1. INTRODUCCIÓN

La Investigación estuvo enfocada a delimitar y caracterizar la cuenca hidrográfica del área de estudio, clasificar las principales zonas de recarga hídrica y proponer medidas para el manejo y conservación del recurso hídrico. Asimismo, está dirigida a cuantificar todos los parámetros que definen su estructura física y territorial con el fin de identificar las posibles limitaciones que la cuenca en estudio puede presentar para posteriormente plantear posibles soluciones.

El diagnóstico es un paso previo al inicio de nuevas actividades o proyecto este ayuda a conocer y determinar los aspectos importantes de la cuenca en estudio ayuda a identificar los principales problemas para jerarquizarlos y encontrar la causa consecuencia y actores de los mismos. La zonificación es parte del proceso de ordenamiento territorial de carácter biofísico, consiste en delimitar áreas o zonas con un manejo o destino homogéneo que en el futuro serán sometidas a normas de uso a fin de cumplir los objetivos para el área, con el marco jurídico se puede garantizar la sostenibilidad en el tiempo socioeconómico y el mejoramiento de la calidad de vida.

En la Cuenca del río San Pablo existe abundancia estacional de agua, al mismo tiempo ha estado sujeta a un intenso deterioro ambiental caracterizada por la deforestación, sedimentación y contaminación que son las causas principales del deterioro de la calidad de los recursos hídricos. La cuenca hidrográfica, debido a su excepcional posición planetaria, extensión, producción, población, recursos naturales y mega diversidad, constituye una zona potencial de elevado interés para el país y para la comunidad internacional.

2. JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.

El presente proyecto tiene la finalidad de identificar las áreas de recarga hídrica natural dentro de la cuenca del Rio San Pablo. Al clasificar las áreas de recarga hídrica se aportó con información importante para el Bosque Siempre Verde Pie Montano dentro del Proyecto de investigación Recuperación de germoplasma de especies vegetales de la zona Nor-Occidental de la provincia de Cotopaxi., se realizó propuestas para el manejo y conservación de recurso hídrico, ya que incentivará y promoverá el cuidado y la sostenibilidad de los recursos hídricos.

La alteración de uno de los recursos bosque, suelo y agua, repercute en la recarga hídrica debido a que están íntimamente relacionados, además son elementos importantes en la regulación del ciclo hidrológico, ayudan a mantener la productividad de los suelos, calidad del agua, la sostenibilidad del caudal a lo largo de los años y la reducción de desastres naturales.

El principal impacto y de relevancia en esta investigación es identificar las áreas de recarga hídrica para obtener información basada en datos con el ArcGis 10.2, en los cuales se podrá señalar mediante el mapeo las zonas de importancia hídrica en el área de estudio

3. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

3.1. Beneficiarios directos.

Tabla 1. Datos generales de los beneficiarios directos.

| | Hombres | Mujeres |
|-------------------------------|---------|-----------|
| Departamento de investigación | 10 | 5 |
| TOTAL | | 15 |

Elaborado por: Miriam Vargas.

3.2. Beneficiarios indirectos.

Tabla 2. Datos generales de los beneficiarios indirectos.

| Población de la Parroquia el Tingo | |
|---|-------------------------|
| Hombres | 2.081 |
| Mujeres | 1.970 |
| Total | 4.051 habitantes |

Fuente: Instituto Nacional de Estadística y Censo. **Elaborado por:** Miriam Vargas.

4. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

En el mundo el recurso agua constituye una de las principales fuentes de conflicto geopolítico del siglo XXI ya que se espera que, en el año 2025, la demanda de este elemento tan necesario para la vida humana será un 56% superior que el suministro, se calcula que para los 6.250 millones de habitantes se necesitaría un 20% más de agua.

En la mayoría de las regiones del mundo, el problema no es la falta de agua sino la mala gestión y distribución de los recursos hídricos. En los últimos años las grandes corporaciones han pasado a controlar el agua en gran parte del planeta y se especula que en el futuro, unas pocas empresas privadas poseerán el control monopólico de casi el 75% de este recurso vital para la vida en el planeta. (Frers, 2013)

En el Ecuador, según información de la Secretaría Nacional del Agua (SENAGUA) tenemos una alta disponibilidad hídrica la misma que bordea los 20,700 m³/ hab/año. Debido a un desequilibrio geográfico de la población. En el Ecuador el 88% de los habitantes viven en la vertiente pacífico que contrasta con la vertiente amazónica donde viven un 12% con una dotación de 82,900 m³/ hab/año.

Según la Secretaría Nacional del Agua en la provincia de Cotopaxi pretende ser parte del Plan Nacional de la Protección de las Fuentes de Recarga Hídrica, debido a la disminución del 30% del caudal de agua, ya que, si no tenemos páramos o bosques nativos, prácticamente el líquido vital se escurre con facilidad en la superficie del suelo y va hacia los ríos y quebradas causando afectación.

En la Parroquia el Tingo del Cantón Pujilí, en la actualidad no existe información acerca de recargas hídricas por lo que se ve la necesidad de realizar la identificación de estas zonas con ayuda de Sistemas de Información Geográfica y diferentes metodologías que contribuirá para la identificación de zonas de recarga hídrica.

5. OBJETIVOS:

5.1. OBJETIVO GENERAL.

- Identificar las áreas de importancia hídrica en el piso bioclimático BsPnO1 de 300 a 1400 msnm dentro del proyecto de investigación “RECUPERACIÓN DE GERMOPLASMA DE ESPECIES VEGETALES DE LA ZONA NOR-OCCIDENTAL” en la Parroquia el Tingo, Cantón Pujilí, Provincia de Cotopaxi 2018.

5.2. OBJETIVO ESPECÍFICOS.

- Delimitar y caracterizar la cuenca hidrográfica del área de estudio.
- Clasificar las principales zonas de recarga hídrica.
- Proponer medidas para el manejo y conservación del recurso hídrico.

6. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS.

Tabla 3. Actividades en relación a los objetivos planteados.

| Objetivo | Actividad | Resultado de la actividad | Descripción de la actividad. |
|--|---|---|--|
| Delimitar y caracterizar la cuenca hidrográfica del área de estudio. | Recopilación de información bibliográfica. Utilizar sistema de información geográfica. | Información de la situación actual de la cuenca. | Se recopiló información del Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca (MAGAP) en formato zape de textura, cobertura vegetal, aptitud agrícola. |
| Clasificar las principales zonas de recarga hídrica. | Desarrollo de mapas con el software ArcGis 10.2 | Identificación de las zonas de recarga hídrica. | Se descargó información de la página web perteneciente al Sistema Nacional de Información, en formato shapefiles. |
| Proponer medidas para el manejo y conservación del recurso hídrico. | Elaboración del mapa de priorización de la zona de recarga hídrica. | Se zonificó las áreas de mayor acumulación hídrica. | Se basó en las leyes de recursos hídricos y la ley forestal del Ecuador. |

Elaborado por: Miriam Vargas.

7. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

7.1. Cuenca hidrográfica

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. Este es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas.

En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales, la infraestructura que ser humano ha creado, allí se desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (Visión Mundial 2004).

7.1.1. Clasificación de cuencas hidrográficas.

La clasificación de las cuencas hidrográficas según (Francisco, 2000)

Por el sistema de drenaje y su conducción final, las cuencas hidrográficas pueden ser arrecias, exorreicas, criptorréicas, y endorreicas.

7.1.1.1. Arréicas.

Las cuencas arréicas son las aguas que se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje. Los arroyos, aguadas y cañadones de la meseta patagónica central pertenecen a este tipo, ya que no desaguan en ningún río u otro cuerpo hidrográfico de importancia.

7.1.1.2. Criptorréicas.

Cuando sus redes de drenaje superficial no tienen un sistema organizado o aparente y corren como ríos subterráneos.

7.1.1.3. Endorreicas.

Las cuencas endorreicas, por su parte, son aquellas cuyas aguas no llegan al mar, sino que desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación al mar. Tales cuencas también pueden ser referidas como cerrado o de la cuenca terminal o como sistemas de drenaje internos.

7.1.1.4. Exorréicas.

Cuando las vertientes conducen las aguas a un sistema mayor de drenaje como un gran río o mar.

7.1.2. Partes de la cuenca hidrográfica.

Según (Cornejo, 2010) la cuenca tiene tres partes:

7.1.2.1. La cuenca alta generalmente corresponde a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros limitadas en su parte superior por líneas divisorias de aguas. En esta zona las pendientes resultan elevadas, los valles estrechos y los procesos fluviales que prevalecen son erosivos.

7.1.2.2. La cuenca media es la zona donde el cauce principal mantiene un curso más definido. La pendiente es menos abrupta que la anterior y los procesos erosivos son más moderados. Reciben aportes de cauces menores.

7.1.2.3. La cuenca baja es la zona donde se produce un cambio abrupto de pendiente, el río desagua o desemboca en zonas bajas. El trazado del curso es divagante o sinuoso. Aquí prevalece el proceso de sedimentación.

7.1.3. Manejo de cuencas.

Es un proceso interactivo de decisiones sobre los usos y las modificaciones a los recursos naturales dentro de una cuenca hidrográfica. Este proceso provee la oportunidad de hacer un balance entre los diferentes usos que se le pueden dar a los recursos naturales y los impactos que éstos tienen en el largo plazo para la sustentabilidad de los recursos. Implica la formulación y desarrollo de actividades que involucran a los recursos naturales y humanos de la cuenca. De ahí que en este proceso se requiera la aplicación de las ciencias sociales y naturales. Así mismo, conlleva la participación de la población en los procesos de planificación, concertación y toma de decisiones. Por lo tanto, el concepto implica el desarrollo de capacidades locales que faciliten la participación (Jiménez 2006).

7.2. Ciclo hidrológico.

Se denomina ciclo hidrológico (Figura 1), al conjunto de cambios que experimenta el agua en la naturaleza, tanto en su estado (sólido, líquido, gaseoso), como en su forma (agua superficial, agua subterránea, etc.).

Como todo ciclo, su descripción puede comenzar en cualquier punto. El agua que se encuentra sobre la superficie terrestre, ríos, lagos y mares, se evapora bajo el efecto de la radiación solar y el viento. El vapor resultante es transportado por las masas de aire en movimiento. En determinadas condiciones, el vapor se condensa formando las nubes, que, a su vez, pueden ocasionar precipitaciones que caen a la tierra. Durante su trayecto hacia la superficie de la tierra, el agua precipitada puede volver a evaporarse, o ser interceptada por las plantas o las construcciones, luego fluye por la superficie hasta las corrientes, o se infiltra. El agua interceptada y una parte de la infiltrada y de la que corre por la superficie se evapora nuevamente. De la precipitación que llega a las corrientes, una parte se infiltra y otra llega hasta los océanos y otras forman grandes masas de agua como los lagos. El agua que se infiltra satisface la humedad del suelo y abastece los depósitos subterráneos, de donde puede fluir hacia las corrientes de los ríos, o bien descargar en los océanos, la que queda detenida en la capa vegetal del suelo es regresada a la atmósfera por transpiración (Villón 2004).

Las fases del ciclo hidrológico son según (Aparicio, 2010)

7.2.1. Evaporación

El ciclo del agua comienza con la evaporación. La evaporación ocurre cuando el sol calienta la superficie de las aguas de los ríos, lagos, lagunas, mares y océanos. El agua, entonces, se transforma en vapor y sube a

la atmósfera, donde tendrá lugar la siguiente fase: la condensación.

7.2.2. Condensación

La siguiente etapa del ciclo del agua es la condensación. Durante esta fase, el vapor de agua que ha subido a la atmósfera gracias a la evaporación, se concentra en gotas que formarán nubes y neblina. Una vez allí, el agua pasará a su estado líquido nuevamente, lo que nos lleva al próximo paso: la precipitación.

7.2.3. Precipitación

La precipitación es el tercer paso en el ciclo del agua. Tiene lugar cuando el agua condensada de la atmósfera desciende a la superficie en forma de pequeñas gotas.

En las regiones más frías del planeta, sin embargo, el agua pasa del estado líquido al sólido (solidificación) y se precipita como nieve o granizo. Posteriormente, cuando se

produce el deshielo, el agua volverá al estado líquido en un proceso conocido como fusión.

7.2.4. Infiltración

La cuarta etapa del ciclo del agua es la infiltración. Se conoce como infiltración el proceso en el cual el agua que ha caído en la superficie terrestre como consecuencia de las precipitaciones penetra en el suelo. Una parte es aprovechada por la naturaleza y los seres vivos, mientras que la otra se incorpora a las aguas subterráneas.

7.2.5. Escorrentía

La escorrentía es la etapa final del ciclo del agua. Esta fase comprende el desplazamiento del agua a través de la superficie, gracias a los declives y accidentes del terreno, para ent

rar de nuevo en los ríos, lagos, lagunas, mares y océanos, lo que constituye la vuelta al inicio del ciclo. La escorrentía, además, es el principal agente geológico de erosión y transporte de sedimentos.

7.3. Áreas de recarga hídrica

En términos generales, se denomina recarga al proceso por el cual se incorpora a un acuífero el agua procedente de fuera del contorno que lo limita. Son varias las procedencias de esa recarga, desde la infiltración de la lluvia (en general, la más importante) y de las aguas superficiales (importantes en climas poco lluviosos), hasta la transferencia de agua desde otro acuífero (Custodio 1998).

El área o zona donde ocurre la recarga se llama zona de recarga y son sitios donde la capacidad de infiltración es alta. Los acuíferos se recargan principalmente a través de la precipitación en “suelos de alta capacidad de infiltración” o rocas superficialmente permeables. Las áreas de recarga de los acuíferos pueden o no estar a grandes distancias de donde son utilizados (Losilla 1986).

Es importante identificar las zonas que, por sus características, facilitan la infiltración; esto es, aquellas que ofrecen los mayores aportes de recarga hídrica y, dentro de estas,

aquellas que por sus particularidades específicas sean susceptibles de disminuir su potencial de recarga al ser sometidas a un manejo diferente a su capacidad. A estas áreas se les denomina zonas críticas de recarga hídrica (INAB 2003). (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009).

7.3.1. Según INAB (2003), los factores que afectan la recarga hídrica son:

7.3.1.1.El clima: dentro de este, los factores que más afectan la recarga hídrica son la cantidad de lluvias y la evapotranspiración, debido a la pérdida de agua por la transpiración de las plantas y la evaporación del agua.

7.3.1.2.El suelo: los suelos impermeables y compactados impiden o dificultan la infiltración, mientras que los suelos permeables facilitan la recarga. Las características del suelo que influyen en la recarga son la textura, la densidad aparente, el grado de saturación (contenido de humedad) y la capacidad de infiltración.

7.3.1.3.La topografía: determina el tiempo de contacto entre el agua y la superficie; las pendientes fuertes favorecen la escorrentía superficial, disminuyen el tiempo de contacto y reducen la infiltración del agua.

7.3.1.4.Los estratos geológicos: la disposición de los diferentes materiales geológicos en los distintos estratos o capas del suelo hasta llegar a la zona saturada (agua subterránea) pueden afectar grandemente la cantidad de recarga hídrica.

7.3.1.5.La cobertura vegetal: esta disminuye la escorrentía superficial, ya que permite un mayor tiempo de contacto del agua con la superficie y facilita el proceso de infiltración; además, un porcentaje importante de la lluvia es interceptada por la cobertura vegetal. En este factor es necesario considerar la profundidad y densidad de las raíces y la capacidad de retención del dosel vegetal. (Matus, Faustino, & Jiménez, 2009)

8. PREGUNTA CIENTÍFICA

¿Dónde están ubicadas las principales áreas de recarga hídrica del sitio de estudio que extensión ocupa y cuál es el estado de conservación?

9. METODOLOGÍA

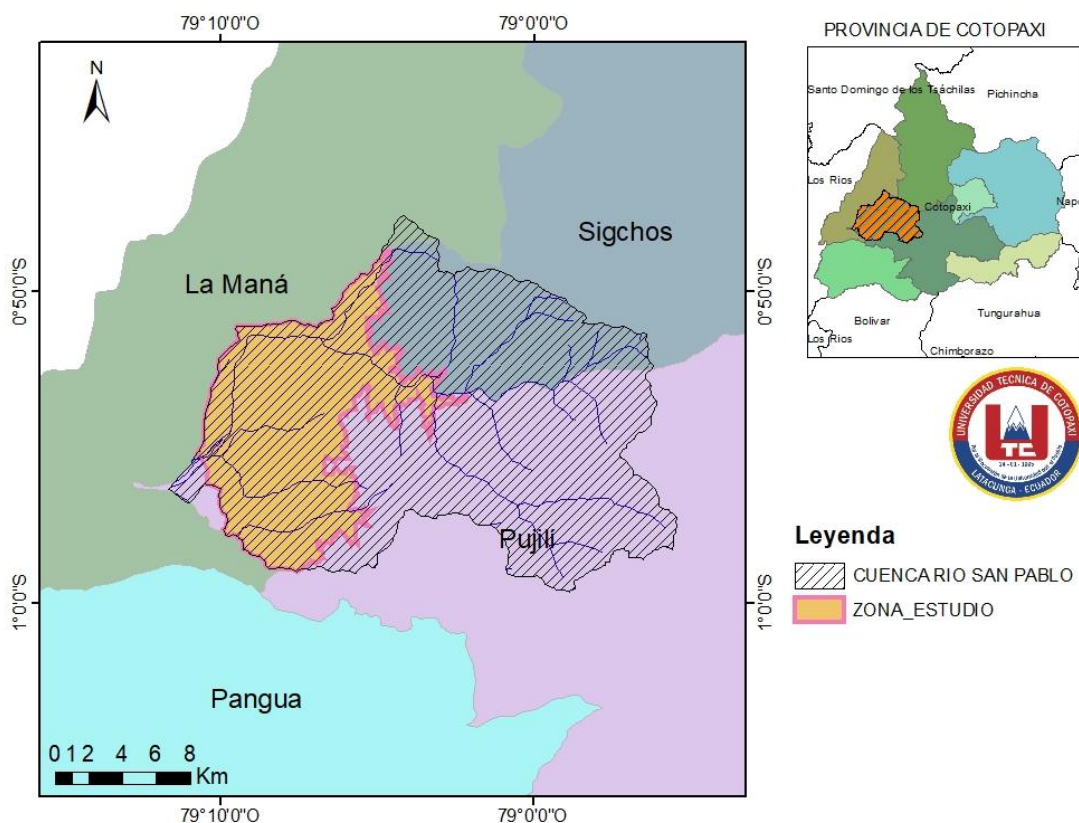
9.1. DELIMITACIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

9.1.1. UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DIVISIÓN POLÍTICA

ADMINISTRATIVA

La CrSP nace de la unión de dos ríos menores (río Pilaló y río Lomapi), ubicado en la zona centro – oeste de la provincia de Cotopaxi, entre las coordenadas $00^{\circ}20'10''$ - $01^{\circ}12'22''$ S y $79^{\circ}21'30''$ - $78^{\circ}23'55''$ W. Tiene una superficie aproximada de 400,705 km² y su altitud varía desde los 220 a los 4084 m.s.n.m. La precipitación media anual es de 2500 mm, en promedio la temperatura mínima desciende hasta 6°C.

Ilustración 1: Ubicación de la CrSP en la Provincia de Cotopaxi.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por Miriam Vargas, 2018.

9.1.2. CARACTERÍSTICAS MORFO MÉTRICAS

9.1.2.1. Parámetro de coeficiente de Gravelius

Es la relación que existe entre el perímetro de la cuenca y la longitud de la circunferencia de un círculo equivalente al área de la cuenca del río San Pablo. Se define por la ecuación:

$$K_c = 0.282 * \frac{P}{A^{1/2}}$$

Dónde:

- (K_c): coeficiente de compacidad, adimensional.
- P: perímetro de la unidad hidrográfica, en Km.
- A: área de la unidad hidrográfica, en Km².

Cuando este índice tiende a la unidad, la forma de la cuenca estará próxima a ser un círculo, por ende la tendencia a las crecidas será mayor, gracias a que la distancia entre diferentes puntos de la divisoria, con respecto a un punto central, no muestran diferencias considerables; por lo tanto, cuando se presentan lluvias fuertes, la concentración de las mismas en las partes bajas, se efectúa relativamente al mismo tiempo y de manera uniforme, aumentando la posibilidad de crecidas (LONDOÑO, 2001). Por el contrario, cuando el índice va creciendo en valor, la forma de la cuenca será cada vez más irregular y por consiguiente la tendencia a las crecidas disminuye. (ver anexo 4)

9.1.2.2. Factor de forma de Sheng (K_f)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

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

Donde:

- A: área de la unidad hidrográfica, en Km².
- L: la longitud del cauce principal, en Km.

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. (ver anexo 4)

9.1.2.3.Erosión

Conjunto de fenómenos exógenos que contribuyen al desgaste del modelado terrestre. En un sentido más amplio corresponde a los procesos de ablación, alteración y acumulación. En la práctica, se limita, casi exclusivamente, a los procesos de arrastre de material y a la alteración (erosión química). Mediante determinados “shapefiles” descargados del Sistema Nacional de Información, conjuntamente el ArcGis 10.2 es posible representar las zonas erosionadas y propensas a erosionarse.

9.1.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

9.1.3.1.Red y densidad de drenaje

Es la relación que existe entre la longitud total de los cauces al interior de una cuenca y el área total de la misma.

Este indicativo da la pauta para comprender la respuesta hidrológica de una cuenca ante la precipitación, o medir el grado de relación de las cuencas con la geología, topografía o el tiempo de salida del escurrimiento superficial (LONDOÑO, 2001). Sin embargo, estos no son temas del presente estudio, por lo cual se indicará únicamente que tan bien o mal drenadas se encuentran las entidades hidrográficas, en base al cálculo de este indicador.

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

Donde:

- Lt: longitud total de las corrientes de agua, en Km.
- A: área total de la entidad hidrográfica, en Km².

La Densidad de drenaje generalmente oscila entre 0.5 Km/Km² para entidades hidrográficas con un drenaje pobre, hasta 3.5 Km/Km² para unidades hidrográficas muy bien drenadas (MONSALVE, 1999). (ver anexo 4)

9.1.3.2.Sinuosidad de las corrientes de agua

El cálculo de la sinuosidad es propuesto por Schumm, quien la define de la siguiente forma: “el desarrollo de meandros existentes en el cauce principal de un río, y su cálculo se obtiene poniendo en relación la longitud de dicho cauce con la longitud máxima del valle que forma” (Schumm, 1963). (ver anexo 1)

$$S = \frac{L}{L_t}$$

Donde:

- L: la longitud del cauce principal, en Km.
- L_t: longitud total de las corrientes de agua, en Km.

9.1.3.3.Cauce principal

La delimitación empieza por las partes altas de la cuenca, desde aquí sigue la digitalización por donde se observe la tendencia de la formación en “U” de las curvas de nivel, hasta acercarse a la base de la elevación donde se encuentra próximo el desagüe de la corriente principal alimentada por sus tributarios al cauce principal de la cuenca. A unos escasos metros, de que la corriente de la microcuenca vierta sus aguas en el cauce principal, la delimitación de la microcuenca corta por única vez la corriente de la misma, luego de lo cual, continúa la digitalización hacia las partes altas por la divisoria de aguas frontal a la ya digitalizada, tomando siempre como referencia la forma en “U” de las curvas de nivel. Previo a cerrar el polígono de la microcuenca, es aconsejable observar los puntos acotados y las nacientes de los tributarios y del cauce principal.

9.1.4. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS GENERALES

9.1.4.1. Clima

Son condiciones atmosféricas que caracterizan una región y determinan el tipo de especies tanto de flora como de fauna existente en la misma (Barbosa et al., 2010).

Mediante isoyetas e isotermas, es posible representar el clima en cada piso bioclimático utilizando determinados shapefiles y en conjunto con el programa computacional ArcGis.

9.1.4.2. Fisiografía: pendiente

El aspecto o rasgo que define este factor es la inclinación media o pendiente, la cual se le atribuye a la superficie de la cuenca en aquellos lugares antes de que el agua llegue a los cauces. Mediante esta característica se puede determinar el tiempo que demora la escorrentía superficial hasta confluir en los diferentes ríos que forman la red de drenaje de una cuenca. De este enunciado se puede deducir que la pendiente condiciona de buena manera, la velocidad de flujo, la distribución y el nivel de infiltración del agua lluvia sobre el terreno (MONSALVE, 1999).

9.1.4.3. Geología, geomorfología y fallas

La geología estudia y analiza la composición, cambios y mecanismos de alteración del planeta y de su superficie desde su origen hasta su estado actual, determinando la textura y estructura de la materia que la compone, como lo son las rocas y materiales derivados, que forman la parte externa de la tierra.

La geomorfología se encarga del estudio y descripción del relieve terrestre y submarino, que son el resultado de procesos destructivos y constructivos que ocurren en la superficie (Barbosa et al., 2010).

9.1.4.4. Suelo

Es un recurso natural importante para la productividad, y por medio del uso adecuado del mismo, se logra un equilibrio sustentable entre la producción de alimentos y el incremento poblacional acelerado. El suelo al igual que el aire y el agua, es esencial para la vida ya que es el hábitat en el que se desarrollan las plantas y animales, cuando es manejado de manera prudente se lo considera como recurso renovable (Barbosa et al., 2010).

9.1.4.5. Uso actual del suelo (cobertura vegetal y capacidad de uso de la tierra)

Con respecto al uso y cobertura vegetal, en base a “shapefiles” descargados de Sistema Nacional de Información y a la utilización del programa ArcGis 10.2 se determinó la respectiva cobertura vegetal y uso del suelo.

9.1.4.6. Principales amenazas naturales

Las amenazas naturales, como los terremotos, los huracanes, las erupciones volcánicas, etc. pueden provocar serios daños a la salud, pero estos efectos son variables y dependen de varios factores (OMS, 2018).

9.1.4.7. Áreas protegidas y PSA

Las áreas protegidas, en base a “shapefiles” descargados de Sistema Nacional de Información y a la utilización del programa ArcGis 10.2 se determinó las respectivas áreas protegidas, en este caso, bosques protegidos.

9.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RECARGA HIDRICA

9.2.1. Zonas de protección absoluta.

En el área de recarga hídrica (ARH) el proceso de su delimitación, es la siguiente:

El área de recarga hídrica (ARH), es importante para determinar, evaluar y definir aspectos relacionados a las áreas de recarga de aguas subterráneas (Ilbay, 2018).

Existen diferentes métodos el balance hídrico de Thornthwaite, balance hídrico de un ecosistema de Holdridge, la recarga de agua subterráneas (RAS) de (Junker, 2005), metodología para la determinación de áreas de recarga natural (DARHN) y el cálculo de recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos, definido por el autor Gunther Schosinsky (2006).

9.2.2. Zonificación territorial.

Seleccionamos datos de precipitación y temperatura mensual de todas las estaciones meteorológicas que se encuentre en el interior y exterior de la cuenca. Para asegurar la mayor disponibilidad de datos se selecciona estaciones meteorológicas con un periodo común (Ilbay, 2018).

Para la determinación de la evapotranspiración potencial, se calcula usando la formulación propuesta por (Oudin, Potential evapotranspiration, 2005).

9.2.3. Método RAS de (Junker, 2005)

9.2.3.1. Proceso metodológico

La unión de las dos variables (Precipitación - ETreal), a través de la herramienta Map Calculator del programa ArcGis se puede obtener la distribución espacial del Balance Climático (BC) de la cuenca.

Mediante la siguiente fórmula se puede calcular la evapotranspiración real:

$$ET_{real} = ETP * kg$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración potencial

Kg: Valor determinado para cada tipo de cobertura del suelo.

Tabla 4. Valores kg y ciclos vegetativos

| No | Cobertura (uso actual) | kg |
|----|--------------------------------------|------|
| 1 | Asentamientos humanos | 0 |
| 2 | Bosque secundario | 0,8 |
| 3 | Café | 0,6 |
| 4 | Charral o matorral | 0,63 |
| 5 | Cuerpo de agua | 0 |
| 6 | Cultivos | 0,8 |
| 7 | Frutales | 0,7 |
| 8 | Manglar | 0,65 |
| 9 | Pasto mejorado con árboles dispersos | 0,7 |
| 10 | PSA | 0,8 |

Fuente: Bosch et al.1982; Aparicio 1997; CeNAT 2005

9.2.3.2. Coeficiente de infiltración.

En principio se construye el mapa de pendiente en unidades porcentuales con seis rangos a partir del modelo de elevación digital (MED), fijándole a cada unidad el valor del coeficiente kp para el rango de pendientes.

Con relación al coeficiente de infiltración: inicia con la obtención del mapa de coeficiente de infiltración (C), al sobreponer los mapas de las variables kp + kv + kfc

$$C = kp + kv + kfc$$

Tabla 5. Valores de kp.

| No. | Rangos de pendientes en % | kp |
|-----|---------------------------|------|
| 1 | 0-3 | 0,4 |
| 2 | 3-15 | 0,15 |
| 3 | 15-30 | 0,1 |
| 4 | 30-50 | 0,07 |
| 5 | 50-70 | 0,05 |
| 6 | > 70 | 0,01 |

Fuente: Junker 2005

Tabla 6. Valores kv.

| No | Cobertura vegetal (uso actual) | kv |
|----|--------------------------------------|------|
| 1 | Asentamientos humanos (urbano) | 0,1 |
| 2 | bosque secundario | 0,2 |
| 3 | Café | 0,19 |
| 4 | charral o matorral | 0,15 |
| 5 | cuerpo de agua | 0,0 |
| 6 | Cultivos | 0,15 |
| 7 | Frutales | 0,18 |
| 8 | Manglar | 0,15 |
| 9 | pasto mejorado con árboles dispersos | 0,2 |
| 10 | PSA | 0,15 |
| 11 | Regeneración natural | 0,2 |

Fuente: Junker 2005

Tabla 7. Valores kfc.

| No | Orden de suelos | Kfc |
|----|-----------------|------|
| 1 | Afisoles | 0,15 |
| 2 | Entisoles | 0,15 |
| 3 | Inceptisoles | 0,2 |
| 4 | Untisoles | 0,2 |

Fuente: Cubero 2007, ProDUS 2007, Junker 2005

9.2.3.3.RAS

Se elabora multiplicando el mapa de balance climático (BC) con el mapa C (coeficiente de infiltración) que equivale a la ecuación:

$$\text{RAS} = \text{BC} * \text{C}$$

$$\text{BC} = \text{Precipitación} - \text{ETreal}$$

$$\text{C} = \text{kp} + \text{kv} + \text{kfc}$$

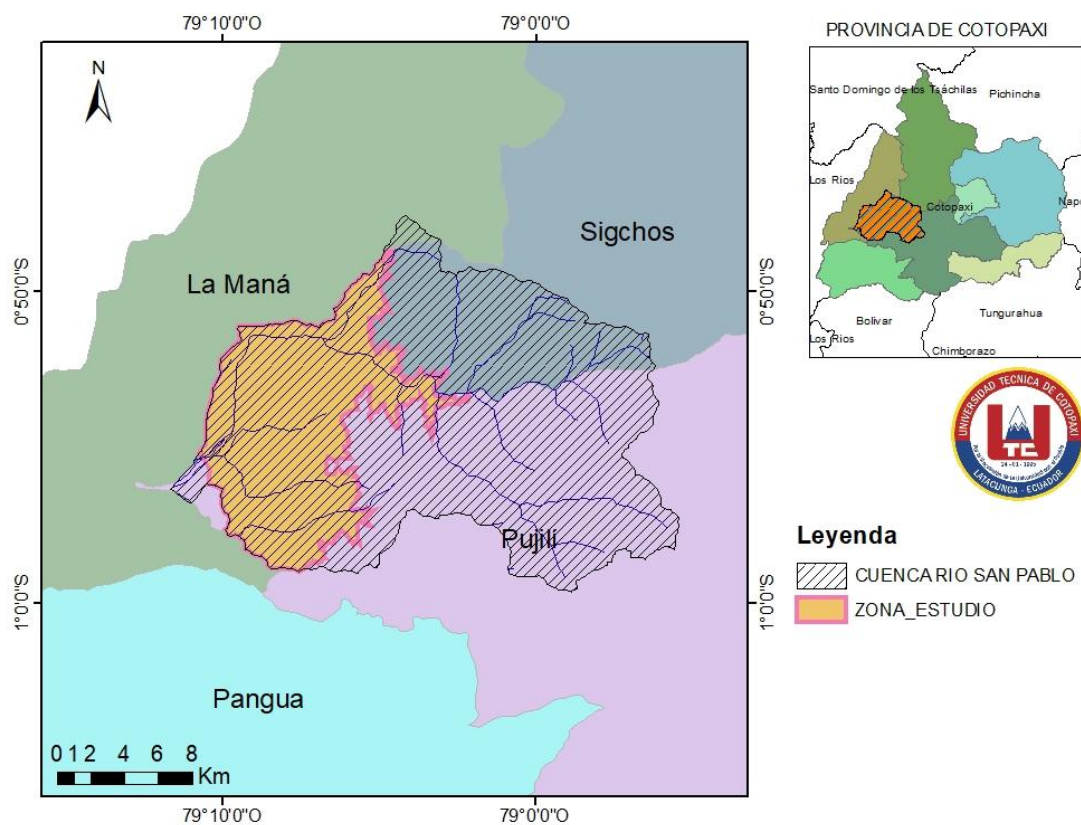
Partiendo de este resultado se selecciona la zona de muestreo RAS, para poder aplicar los criterios de Schosinsky con la finalidad de poder ajustar las ARH (área de recarga hídrica).

10. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

10.1. Delimitación y caracterización del área de estudio.

10.1.1. Ubicación geográfica y división política administrativa

La Cuenca del Río San Pablo (CrSP) en el piso climático de altitud 300 a 1400 m.s.n.m. se ubica entre los cantones de Pujilí, Sigchos y La Maná, en el centro occidental de la Provincia de Cotopaxi. Se extienden entre los paralelos 00° 47' S, 00° 65' S y los meridianos 79° 01' W, 79° 11' W. Tiene una superficie aproximada de 132,13 Km². La precipitación media anual es de 2500 mm, con temperaturas mínima y máxima de 18°C y 24°C respectivamente. El río Pilaló recorre de este a oeste y el río Lomapi recorre de noreste a suroeste para unirse y formar el río San Pablo.

Ilustración 2. Ubicación del piso bioclimático BsPn01 en la Provincia de Cotopaxi

Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

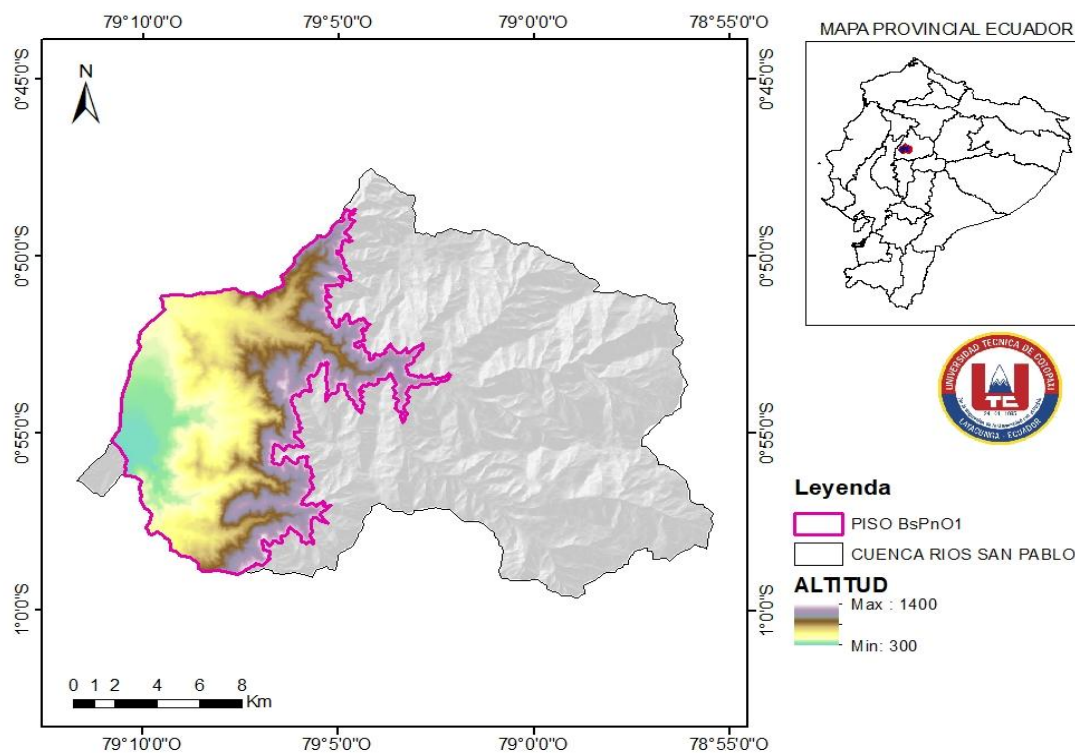
Tabla 8. Distribución de la superficie cantonal en la zona de estudio.

| Cantones/Superficie | Superficie Cantonal | % Superficie Cantonal | Superficie del área de estudio | % del área de estudio |
|---------------------|---------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| LA MANÁ | 662,68 | 20,56 | 27,84 | 21,07 |
| SIGCHOS | 1262,7 | 0,57 | 11,45 | 8,67 |
| PUJILÍ | 1297,9 | 0,04 | 92,84 | 70,26 |
| TOTAL | | | 132,13 | 100 |

Fuente: IEE; 2012 – Modificado por Miriam Vargas.

Se observa que el 70,26% del área de estudio aparece dentro de los límites del cantón Pujilí, y que apenas el 29,74% se encuentra repartido entre Sigchos y La Maná. Además, se nota que los límites naturales de la cuenca en su mayoría coinciden con la delimitación política.

Ilustración 3. Zona de estudio del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Como se observa en el gráfico anterior se encuentra la delimitación del piso bioclimático BsPn01 de 300 a 1400 msnm en la cuenca del río San Pablo.

10.1.2. CARACTERÍSTICAS MORFO MÉTRICAS

10.1.2.1. Parámetro de forma (índice o factor de forma y coeficiente de Gravelius)

La CrSP presenta una forma irregular con un valor de 2.51 y, al obtener un valor de 0.86, la CrSP es una zona propensa a inundarse, llegando a esta conclusión mediante shapfiles descargados del sistema nacional de información.

10.1.2.2. Erosión

No existe información disponible en formato shapfiles para la CrSP en el piso bioclimático BsPn01 de 300 a 1400 msnm, por lo que no se pudo modificar un mapa de erosiones, mediante el software ArcGis 10.2.

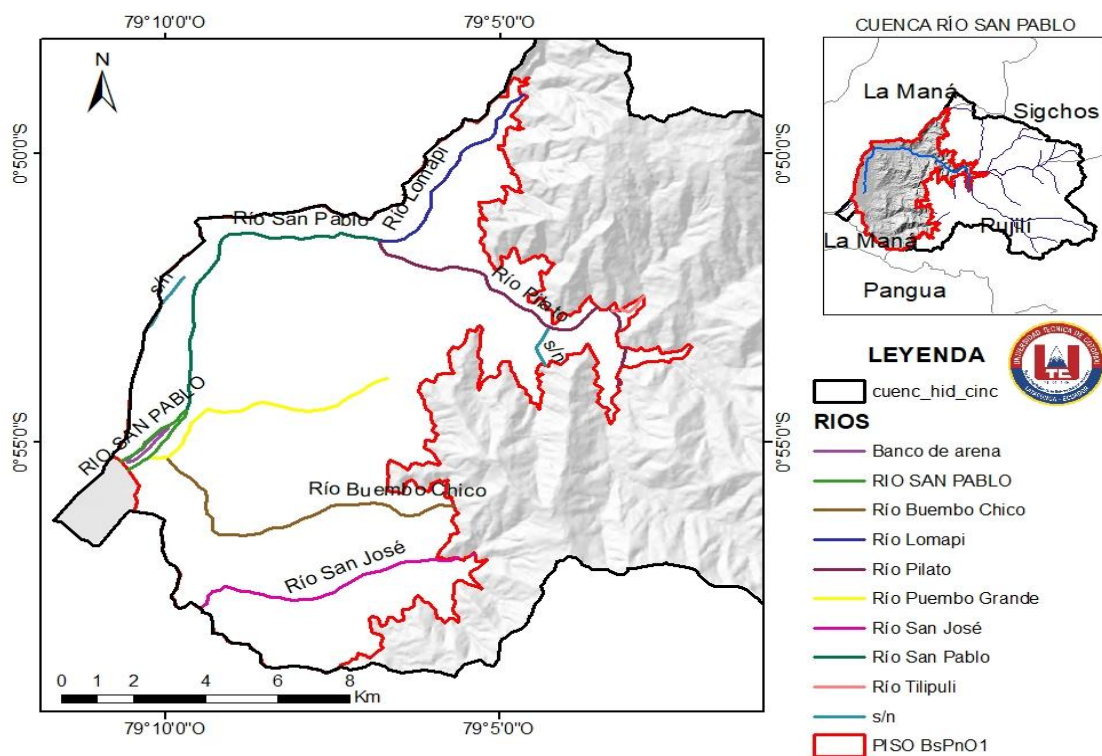
10.1.3. CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

10.1.3.1. Red y densidad de drenaje

La Cuenca del Río San Pablo presenta un drenaje pobre con un valor de 0.17, con zonas propensas a inundaciones en las zonas bajas de la cuenca.

Presenta una sinuosidad poco apreciable, con un valor de 0.56 en el tramo del río Pilaló.

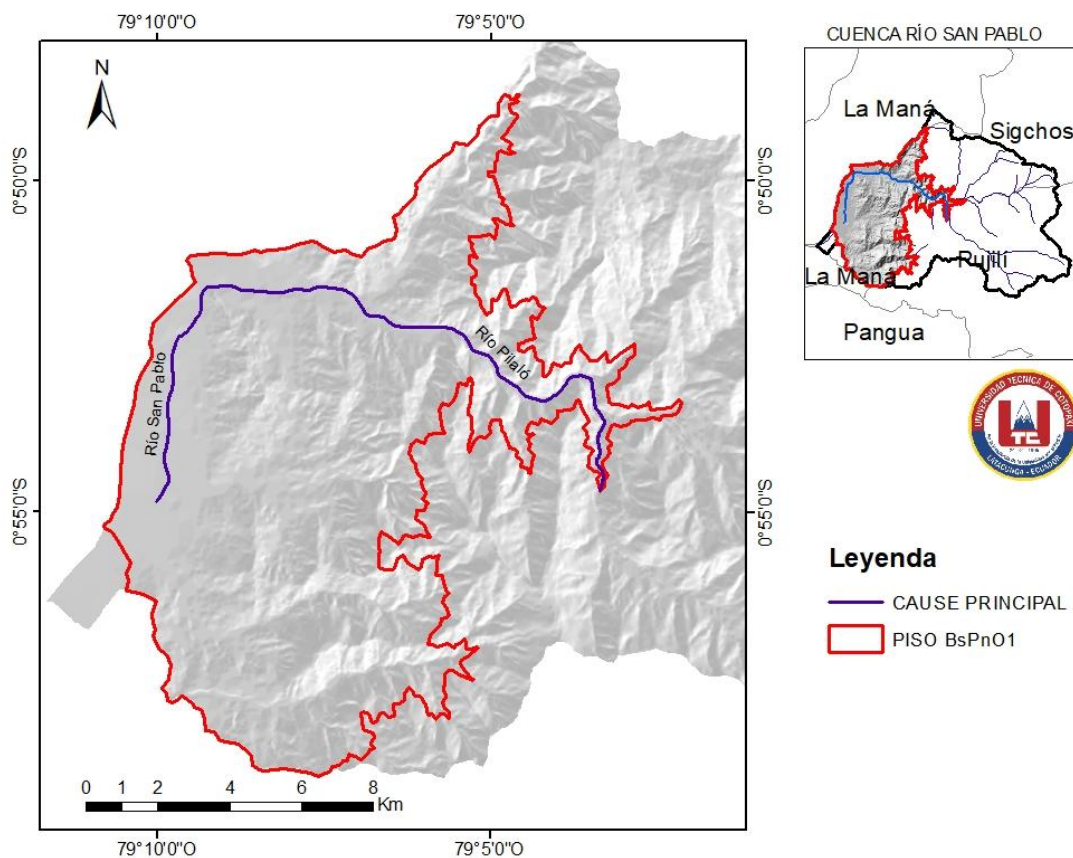
Ilustración 4. Red de drenaje de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.1.3.2. Cauce principal

Ilustración 5. Cauce principal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.1.4. CARACTERÍSTICAS BIOFÍSICAS GENERALES

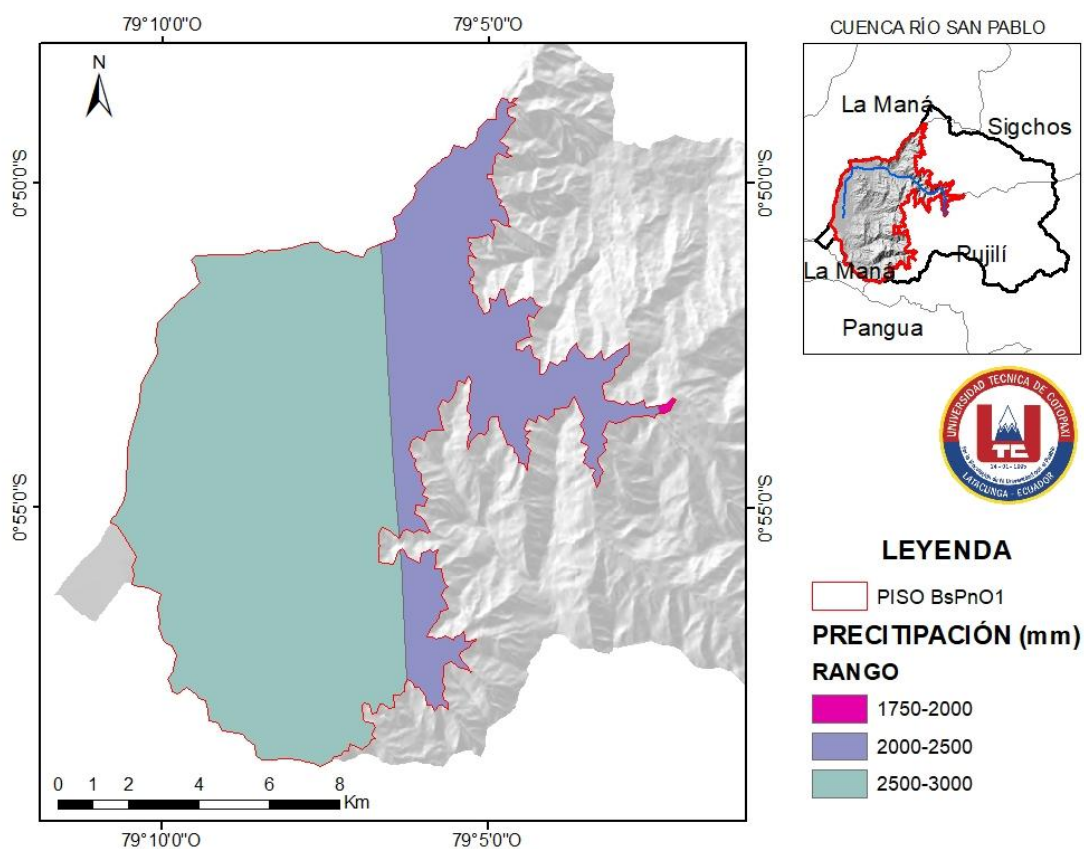
10.1.4.1. Clima

El callejón interandino, donde se ubica el piso bioclimático BsPn01 de la CrSP, está a la presencia de la corriente cálida Ecuatorial, mal llamada en nuestro medio como corriente de “El Niño”, que aparece frente a nuestras costas a fines de diciembre, aproximadamente por la época de Navidad, de ahí el nombre que comúnmente se le da de “El Niño”, y que llega desde el norte, y determina el inicio de la época lluviosa para la Región Litoral, período marcado por abundantes precipitaciones y que se extiende hasta mediados de junio; y, segundo, la gran masa de aire húmedo proveniente de la Región Amazónica y que se presenta de manera uniforme a través del año, y que tiene

como picos lluviosos, aunque no muy marcados, los meses de junio, julio y agosto, cuando tenemos el período seco en la zona de estudio (WINCKELL, 1997).

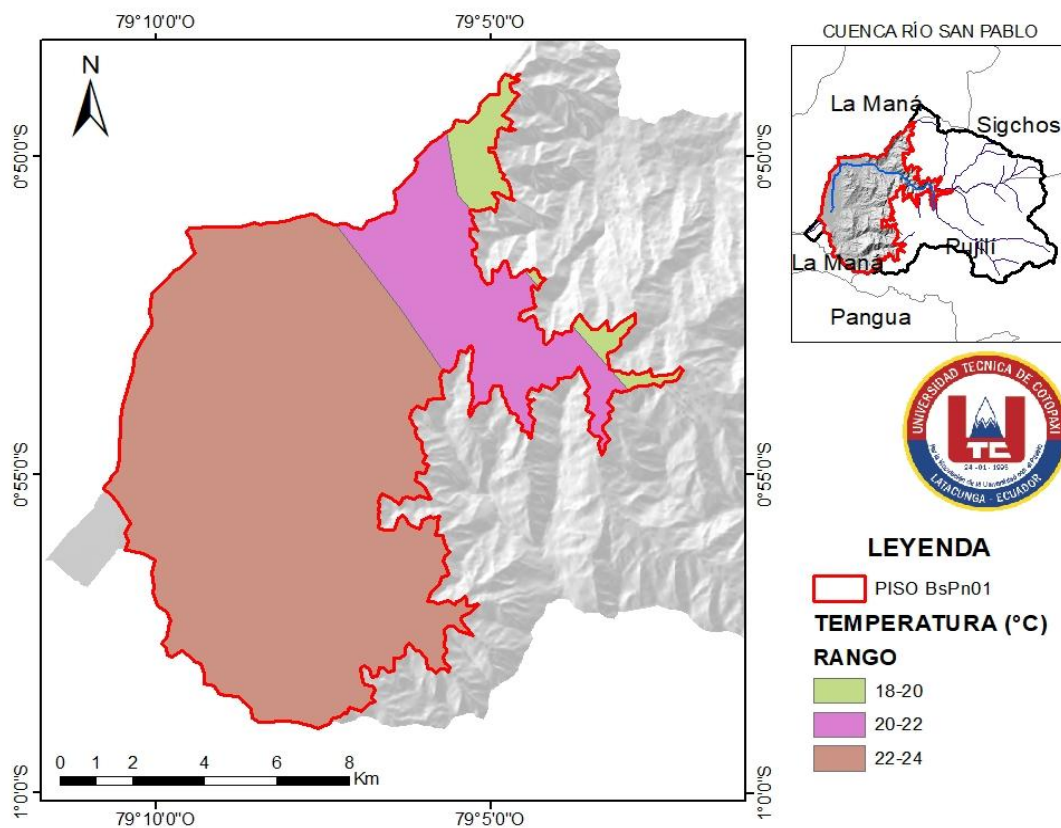
El piso bioclimático BsPn01 de la CrSP al encontrarse en las estribaciones occidentales de la cuenca se encuentran temperaturas que varían entre los 18 y 24°C según lo señalado por LUCERO (2008). Adicional indica que el rango de precipitaciones se encuentra de 1750 a 3000 mm al año, lo que comprende un rango muy amplio ya que según los valores promedios de los anuarios del INAMHI de las estaciones en este paisaje. Globalmente sobre este paisaje el promedio de lluvia es de 4750 mm al año. Los meses más secos se encuentran entre julio y septiembre (CLIRSEN, 2009).

Ilustración 6. Isoyetas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: INAMHI, 2007 – Modificado por: Miriam Vargas.

Ilustración 7. Isotermas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: INAMHI, 2007 – Modificado por: Miriam Vargas.

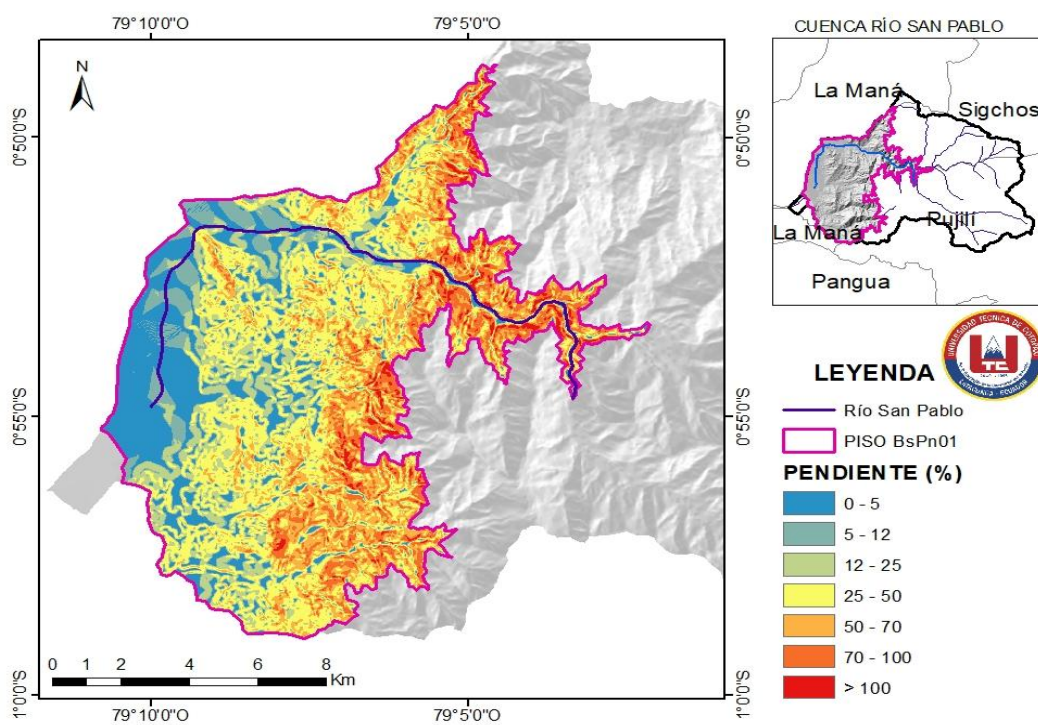
10.1.4.2. Fisiografía: pendiente.

La clasificación de las pendientes se realizó en siete rangos, tomando como referencia el Anexo IV: Guía de Clasificación de los Parámetros Edáficos, del Reglamento de Clasificación de Tierras por su Capacidad de Uso Mayor, aprobado por D.S. N° 017-2009/AG, cuya distribución espacial se aprecia en el mapa respectivo, simbolizado por colores característicos. La siguiente tabla detalla los rangos de pendiente.

Tabla 9. Rangos de Pendiente.

| Rangos de pendiente (%) | Descripción |
|-------------------------|----------------------|
| 0 – 5 | De plana a muy suave |
| 5 – 12 | Suave |
| 12 – 25 | Media |
| 25 – 50 | De media a fuerte |
| 50 – 70 | Fuerte |
| 70 – 100 | Muy fuerte |
| > 100 | Escarpada |

Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025

Ilustración 8. Pendientes del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.

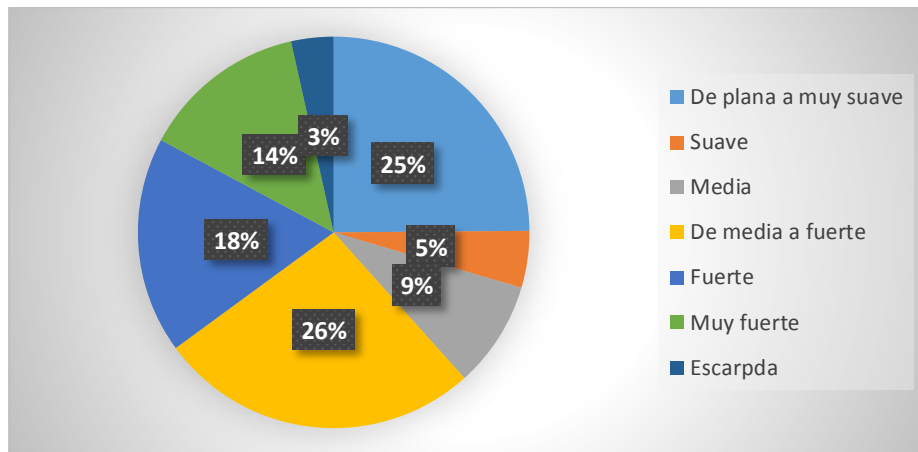
Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

La representación cartográfica de los diferentes accidentes geográficos que presenta el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo, cuyas unidades cartográficas que representan a los rangos de pendiente, así el color azul turquesa, está simbolizada la pendiente plana de nivel nulo (0 – 5); el color amarillo simboliza la pendiente

ligeramente inclinada (25 – 50); y de color rojo simboliza la pendiente extremadamente empinada (>100%).

De acuerdo al Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025, existe diversos porcentajes de pendientes, siendo el tipo medio a fuerte el mayoritario.

Ilustración 9. Tipo de pendiente que se encuentra en la CrSP

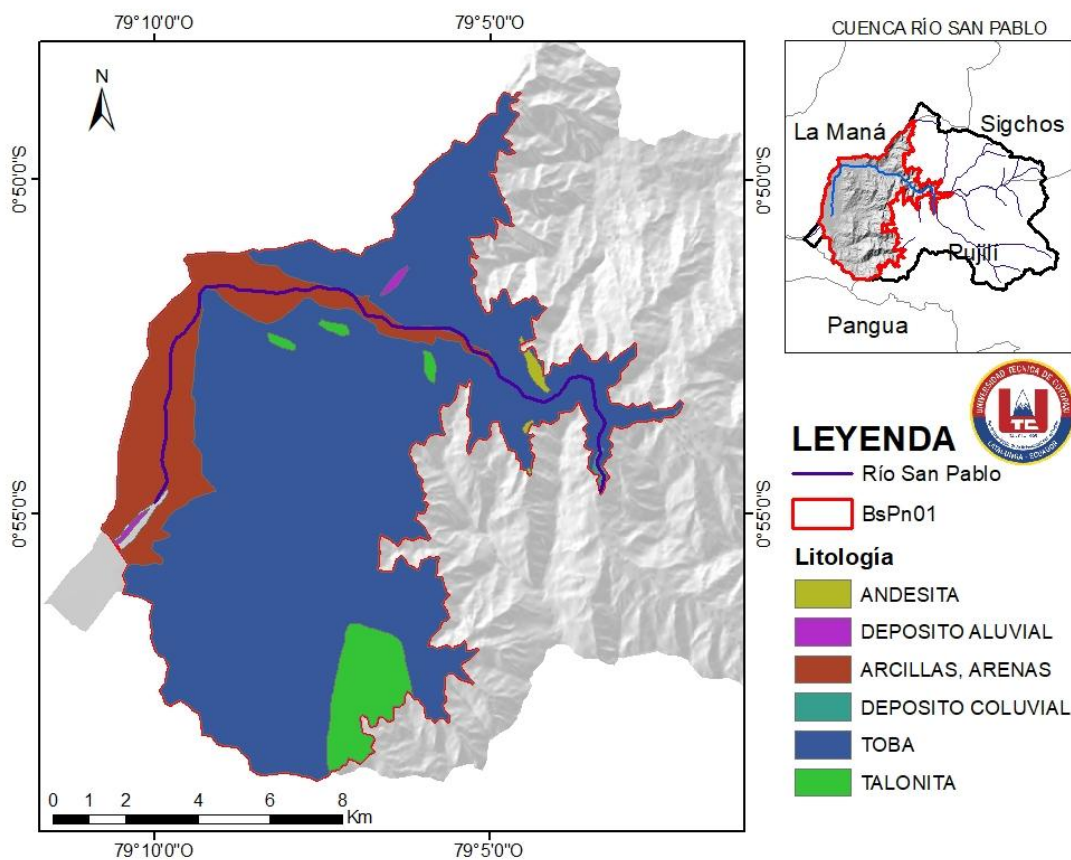


Fuente: Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cotopaxi 2025

10.1.4.3. Geología, geomorfología y fallas

Para entender la geología que se presenta en la CrSP, es necesario abarcarse en la ciencia litológica.

Ilustración 10. Litología del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

La geomorfología descrita se basa mediante los paisajes encontrados al interior de la Cuenca y de acuerdo al gradiente descendente en base a la altitud.

La litología que presenta el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo, se distingue 2 litologías generales una Limolita y arcillosa, que según la geología dentro de este tramo se tiene interacciones de arenisca, arenosa y caliza, para todo esto se determinó a través de la utilización del software ArcGis 10.2.

Para establecer diferentes zonas permeables a lo largo de la cuenca, es importante tener en cuenta las diferentes clases de permeabilidad existente.

Tabla 10. Información muestra del archivo de permeabilidad.

| Litología | Formación | Edad | Tipo de permeabilidad |
|---|---------------|----------------------|---|
| Andesita,Basalto,Lava No Diferenciada,Volcaniclastita Gruesa,Arenisca Volcánica,Limolita Volcánica | U. Macuchi | Cuaternaria | Fisuración |
| Deposito Aluvial | – | Paleoceno- Eoceno | Porosidad intergranular |
| Deposito Aluvial: Arcillas, Arenas | – | Cuaternaria | Porosidad intergranular |
| Deposito Coluvial | – | Cuaternaria | Paleoceno-Eoceno |
| Lava Indiferenciada,Lava De Almohadilla,Brechas,Volcaniclasticas Gruesas,Andesita,Arenisca Volcánica,Limolita Volcanica,Limolita,Toba,Brecha,Lava,Lutita,Tobacea,Arenisca,Chert | U. Macuchi | Paleoceno- Eoceno | Fisuración |
| Talonita | – | – | Porosidad intergranular y fisuración-rocas sin importancia hidrogeológica |

Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

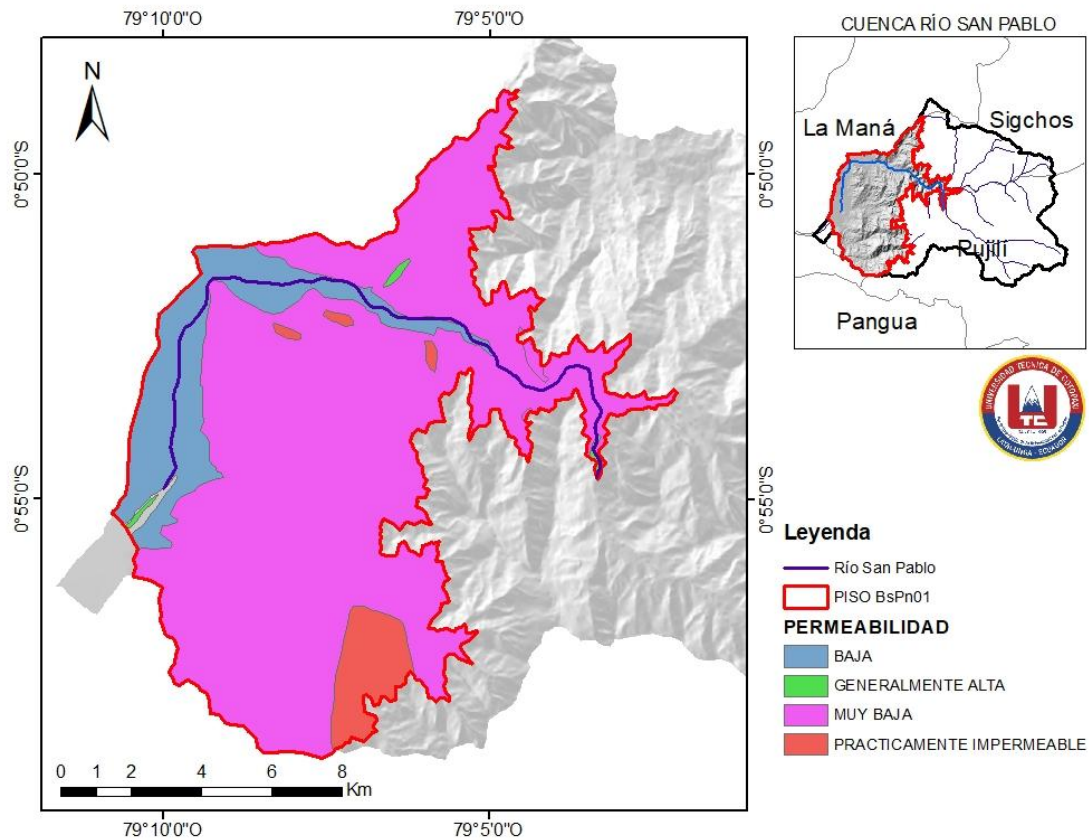
Tabla 11. Clases de permeabilidad.

| Clase | Descripción de permeabilidad |
|-------|------------------------------|
| K1 | Media a alta |
| K2 | Baja a media |
| K3 | Muy baja |
| K4 | Prácticamente Impermeable. |

Fuente: MAG, 1976, MAGAP; 2013 – Modificado por Miriam Vargas.

En la CrSP mediante “shapes” descargado del SNI (Sistema Nacional de Información, 2013), conjuntamente con la colaboración de Palacios en el 2013, se concluyó que presenta una permeabilidad de clase K3, siendo muy baja.

Ilustración 11. Permeabilidad del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.1.5. Suelo

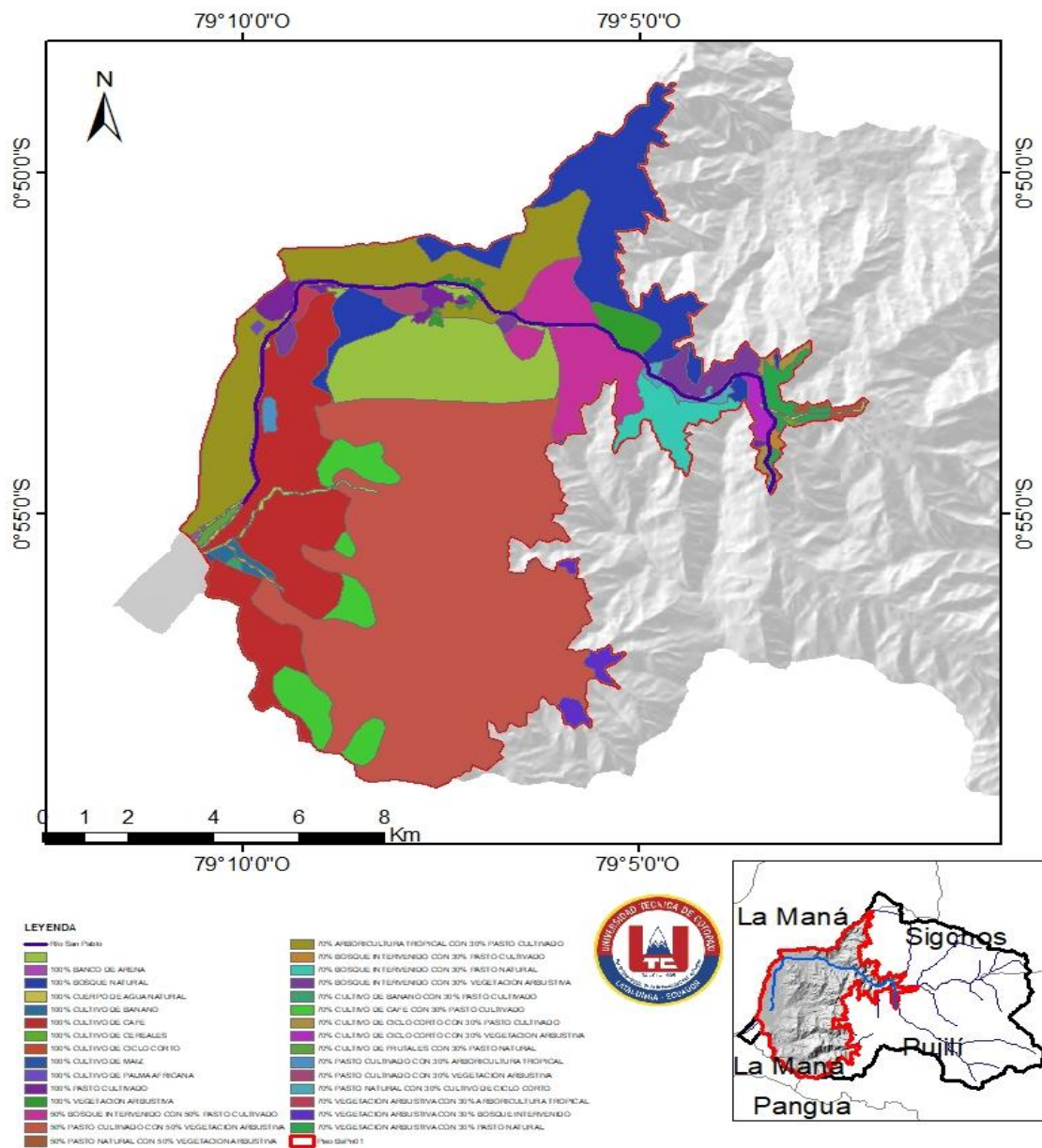
Predomina el suelo arcilloso con 50.61 Km² de 50% de pasto cultivado con y con 16.56 Km² de 100% cultivo de café, siendo posible el cultivo de estas especies por las condiciones climáticas presentes en la zona de estudio.

Tabla 12. Usos de suelos del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.

| Núm. | Uso de suelos | Superficie (km²) |
|-------------|---|--|
| 2 | 100% banco de arena | 0,03 |
| 3 | 100% bosque natural | 12,61 |
| 4 | 100% cuerpo de agua natural | 2,02 |
| 5 | 100% cultivo de banano | 0,50 |
| 6 | 100% cultivo de café | 16,56 |
| 7 | 100% cultivo de cereales | 0,05 |
| 8 | 100% cultivo de ciclo corto | 0,16 |
| 9 | 100% cultivo de maíz | 0,03 |
| 10 | 100% cultivo de palma africana | 0,07 |
| 11 | 100% pasto cultivado | 1,41 |
| 12 | 100% vegetación arbustiva | 1,68 |
| 13 | 50% bosque intervenido con 50% pasto cultivado | 6,94 |
| 14 | 50% pasto cultivado con 50% vegetación arbustiva | 50,61 |
| 15 | 50% pasto natural con 50% vegetación arbustiva | 0,10 |
| 16 | 70% arboricultura tropical con 30% pasto cultivado | 13,78 |
| 17 | 70% bosque intervenido con 30% pasto cultivado | 0,16 |
| 18 | 70% bosque intervenido con 30% pasto natural | 2,54 |
| 19 | 70% bosque intervenido con 30% vegetación arbustiva | 2,02 |
| 20 | 70% cultivo de banano con 30% pasto cultivado | 0,08 |
| 21 | 70% cultivo de café con 30% pasto cultivado | 5,18 |
| 22 | 70% cultivo de ciclo corto con 30% pasto cultivado | 0,53 |
| 23 | 70% cultivo de ciclo corto con 30% vegetación arbustiva | 0,66 |
| 24 | 70% cultivo de frutales con 30% pasto natural | 0,27 |
| 25 | 70% pasto cultivado con 30% arboricultura tropical | 0,29 |
| 26 | 70% pasto cultivado con 30% vegetación arbustiva | 0,71 |
| 27 | 70% pasto natural con 30% cultivo de ciclo corto | 0,53 |
| 28 | 70% vegetación arbustiva con 30% arboricultura tropical | 0,31 |
| 29 | 70% vegetación arbustiva con 30% bosque intervenido | 0,93 |
| 30 | 70% vegetación arbustiva con 30% pasto natural | 1,16 |

Fuente: MAG, 1976, MAGAP; 2013 – Modificado por Miriam Vargas.

Ilustración 12. Usos de suelos del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



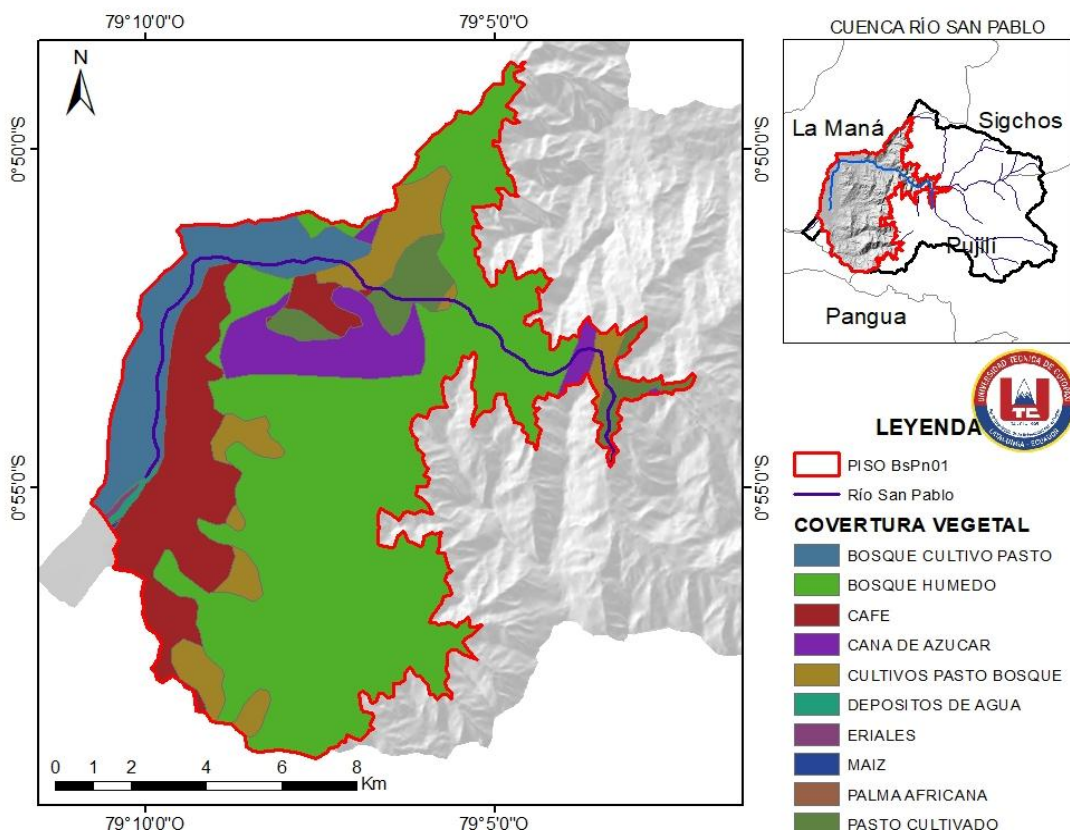
Fuente: INAMHI, 2007 – Modificado por Miriam Vargas.

10.1.5.1. Uso actual del suelo (cobertura vegetal y capacidad de uso de la tierra)

Este ecosistema comprende bosques siempre verdes multiestratificados, con un dosel entre 25 a 30 m, comparte muchas especies con los bosques de tierras bajas, y algunas especies de bosques montano bajos. Se presenta sobre laderas muy pronunciadas.

Entre las familias dominantes están *Arecaceae* con géneros como *Wettinia*, *Geonoma* y *Chamaedorea*; *Lauraceae* con especies del género *Ocotea*, *Nectandra*, y *Aniba*; y *Rubiaceae* con *Palicourea* y *Faramea*. La palma *Wettinia kalbreyeri* es particularmente abundante sobre los 500 msnm en contraposición con su simpátrica *Wettinia quinaria* que también está presente en el piedemonte, pero en abundancias menores en relación a los bosques más bajos; es altamente representativa la familia *Malvaceae* s.l. en términos de abundancia y diversidad de géneros, por lo que es frecuente observar varias especies de los géneros *Matisia* y *Pachira*.

Ilustración 13. Cobertura vegetal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

En la CrSP mediante “shapes”, conjuntamente con la colaboración de Martínez en el 2013, se concuerda que presenta una gran extensión de bosque húmedo.

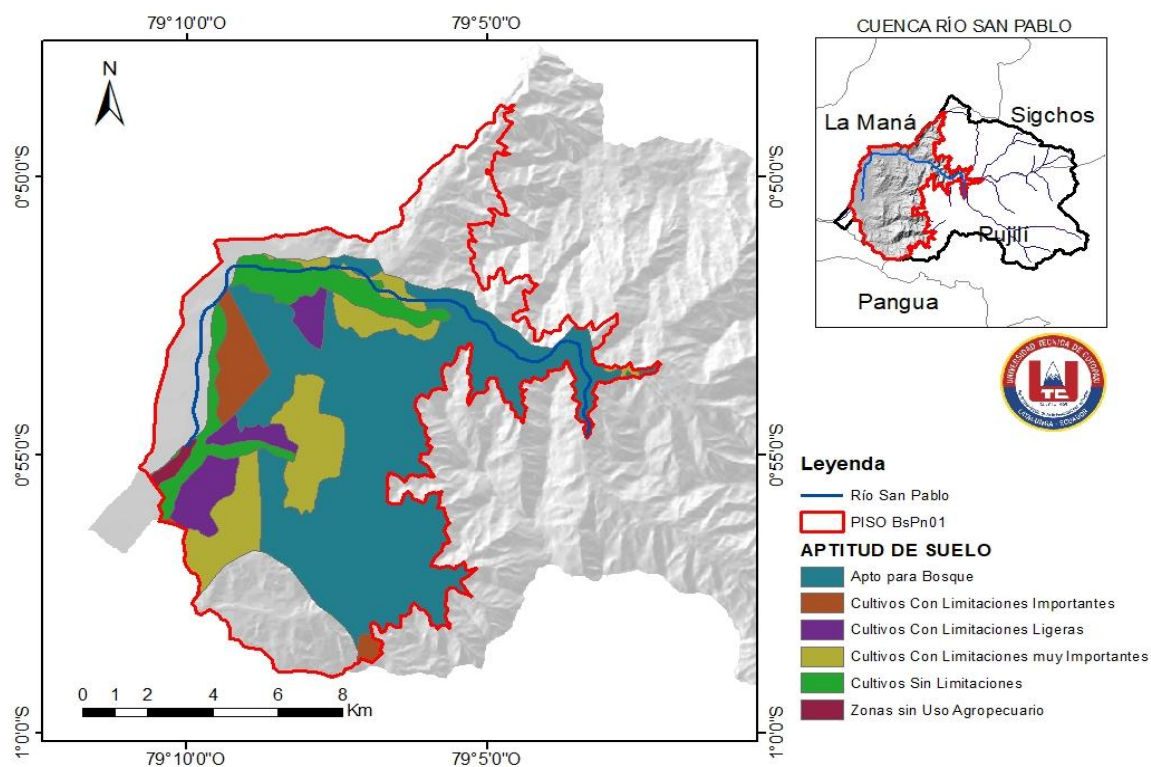
En los cultivos, se observa producción de caña de azúcar, palma africana, maíz y café. Los pastizales se abren paso en el paisaje para ganado bovino y lanar (Palacios, 2017).

Tabla 13. Cobertura vegetal del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.

| Cantones | Tipos de cobertura | Superficie del área de estudio | % del área de cultivos |
|----------|--|--------------------------------|------------------------|
| La Maná | Cultivos pasto bosque, caña de azúcar, café, palma africana, eriales, bosque húmedo, depósitos de agua. | 27,84 | 21,07 |
| Sigchos | Cultivos pasto bosque, pasto bosque, caña de azúcar, bosque húmedo, | 11,45 | 8,67 |
| Pujilí | Cultivos pasto bosque, caña de azúcar, café, palma africana, eriales, bosque húmedo, depósitos de agua, café, Maíz | 92,84 | 70,26 |

Fuente: MAG, 1976, MAGAP; 2013 – Modificado por Miriam Vargas

Ilustración 14. Aptitud del suelo en el bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

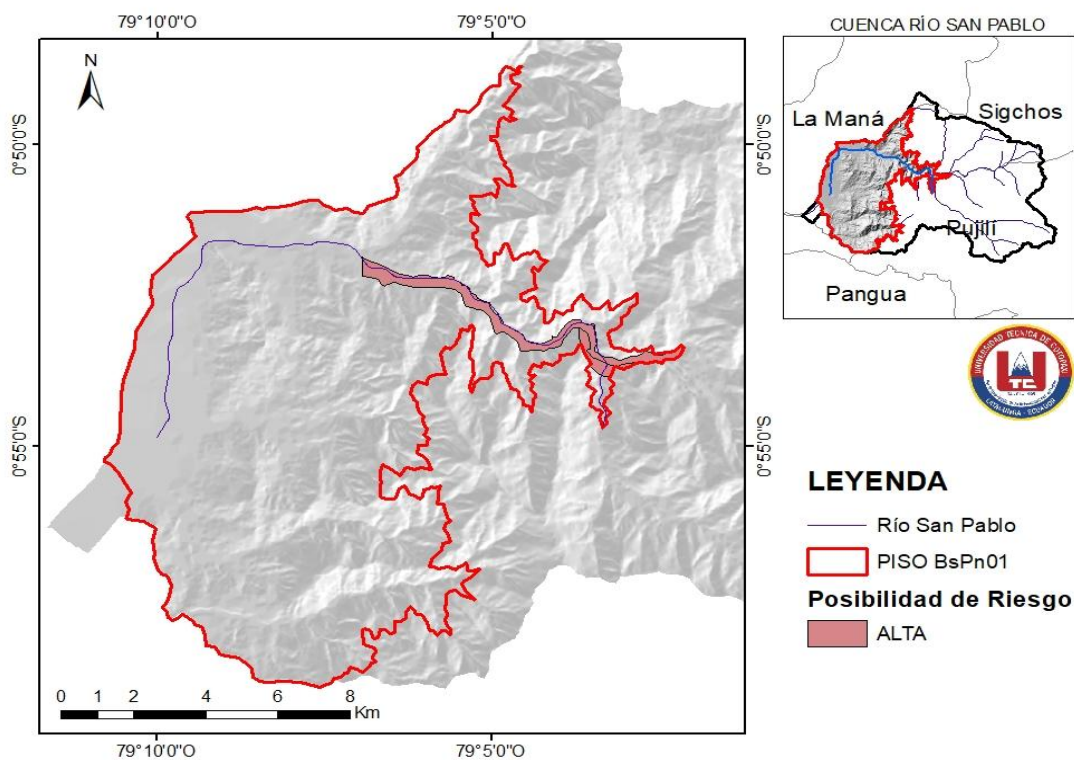
Como se puede ver en la Ilustración 14, la mayor parte de la CrSP se encuentra apto para bosque, siguiéndole los cultivos con limitaciones muy importantes como las pendientes pronunciadas que posee el piso bioclimático BsPn01.

Al existir planicies en la CrSP y temperaturas cálidas que, en conjunto con los vientos tropicales provenientes de las zonas orientales de la Amazonía del Ecuador, dan un ambiente propicio para las especies arbustivas se desarrollen a lo largo y ancho del piso bioclimático, por ello la gran presencia de plantas herbáceas de diversas características.

10.1.6. Principales amenazas naturales

El Quilotoa es una caldera llena de agua de 3 kilómetros de ancho que se formó por el colapso de este volcán de dacita seguido por una erupción de (Volcanic Explosivity Index VEI-6) hace aproximadamente 800 años, lo que produjo un flujo piroclástico y lahares (flujos de lodo) que alcanzaron el Océano Pacífico, lo que depositó cenizas volcánicas a través del aire a lo largo de los Andes septentrionales.

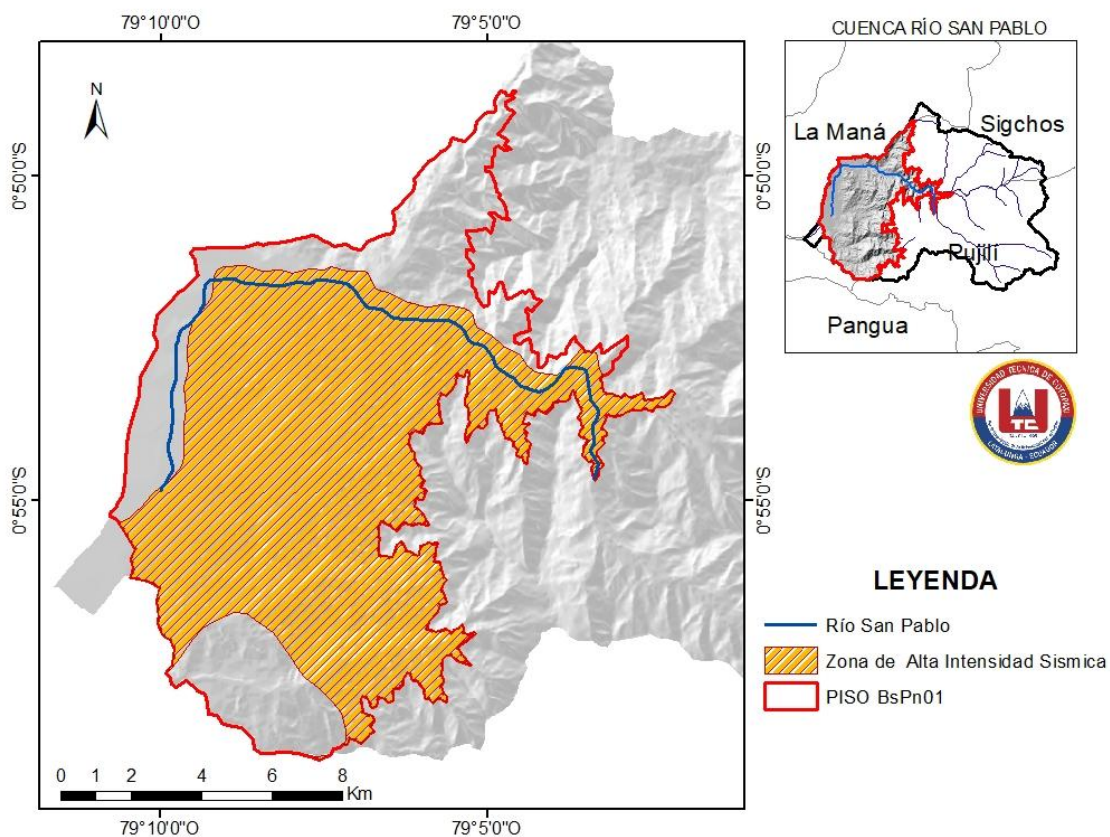
Ilustración 15. Peligro Volcánico en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Los riesgos ante una erupción volcánica según el shapefiles descargado de la página del SNI (Sistema Nacional de Información, 2013), nos indican que tiene una probabilidad de peligro alto con extensiones de 48,17 a 296,02 Ha, propensas a ser afectadas en la parte oriental de la CrSP.

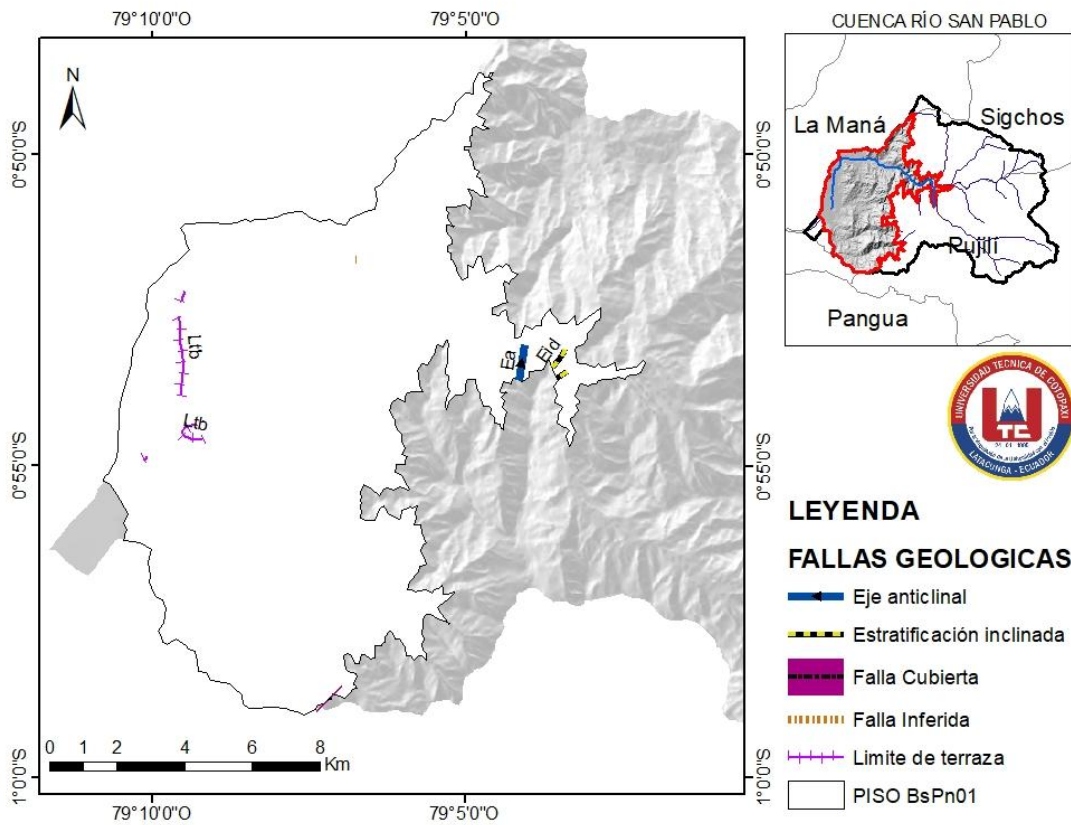
Ilustración 16. Actividad Sísmica en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

El territorio es muy vulnerable por la incidencia sísmica bastante superior a la media nacional (2,8%). Esta situación se agrava con la presencia de fallas sísmicas en varios sectores del río San Pablo, además de la sobreexplotación de los cauces y taludes del sistema hidrológico y la permanente ampliación de la frontera agrícola hasta zonas altas de páramo, consideradas como importantes áreas proveedoras de agua (Garate, 2012)

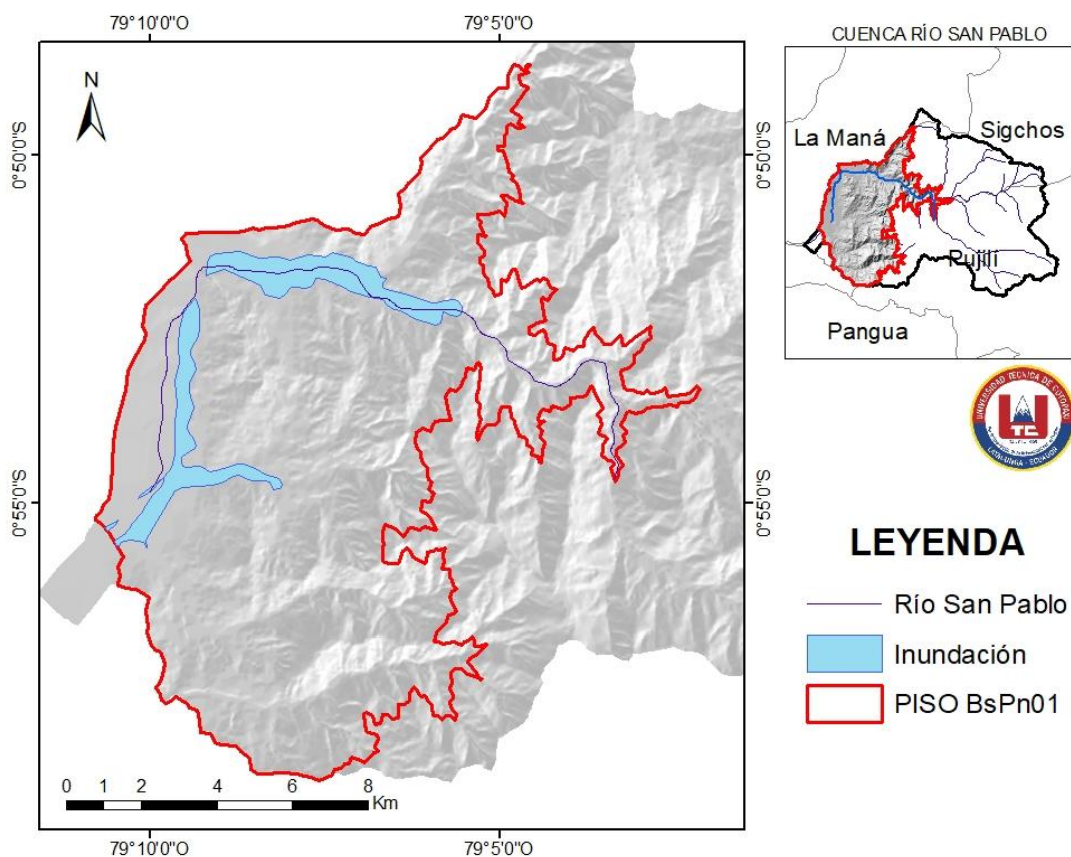
Ilustración 17. Fallas geológicas en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Las fallas se encuentran extendidas en los cantones de la Maná y Sigchos, también hay que recalcar que las fallas están sobre el río San Pablo ubicados en alturas de 300 a 500 msnm con una extensión de 2,69 Km a lo ancho de la zona occidental de la CrSP.

Ilustración 18. Área de inundaciones en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



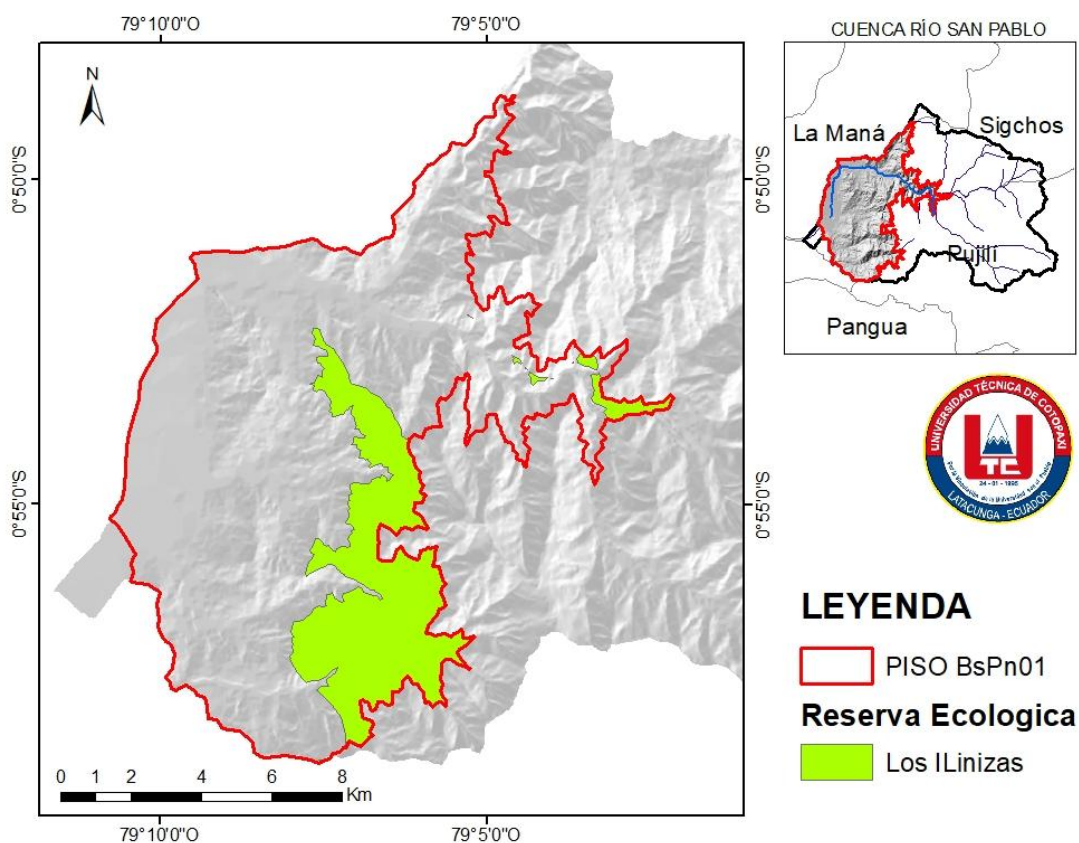
Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Como se observa en la figura 18, se denotan zonas con tendencias a inundaciones en el cauce principal (río San Pablo) de la cuenca del río del mismo nombre, cuenta con una extensión de 3596,69 Ha a lo largo del río en el cantón la Maná, en la zona occidental de la CrSP.

10.1.7. Áreas protegidas

La reserva ecológica de los Ilinizas llega incluso casi hasta la parte occidental final de la CrSP, la misma que cuenta de un paisaje de tipo terrestre y provee de agua orientada a la irrigación agrícola al cantón de La Mana, con un área de 2524,33 Ha.

Ilustración 19. Reserva Ecológica en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



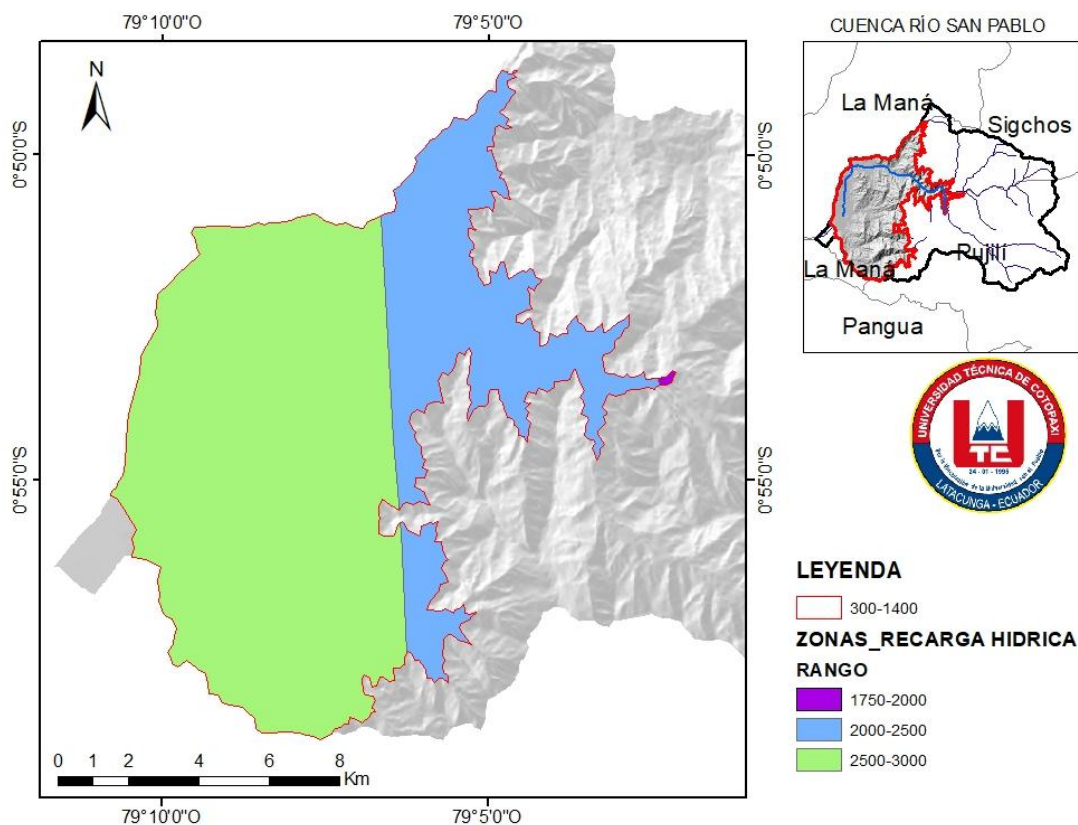
Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.2. CLASIFICACIÓN DE LAS PRINCIPALES ZONAS DE RECARGA HÍDRICA.

10.2.1. Zonas de protección absoluta

Las distintas áreas de recarga hídrica se obtuvieron mediante el software ArcGis 10.2, con datos de precipitación mayores a 1500 mm/año en adelante.

Ilustración 20. Área de recarga hídrica del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.

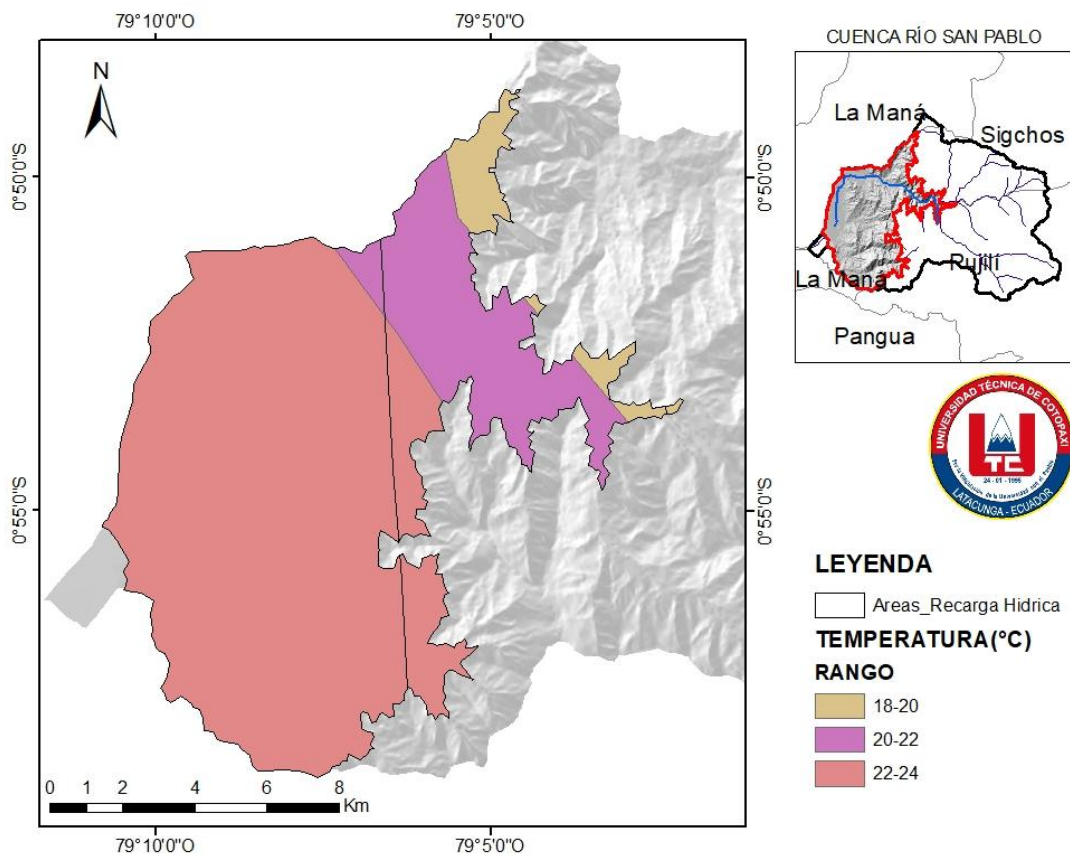


Fuente: INAMHI, 2007 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.2.1.1. Zonificación territorial

Mediante el software ArcGis 10.2, se calculó el promedio de las distintas áreas de recarga hídrica, teniendo previamente datos de precipitación y temperatura para su cálculo a posterior.

Ilustración 21. Temperaturas del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: INAMHI, 2007 – Modificado por: Miriam Vargas.

Tabla 14. Promedios en cada zona de recarga hídrica.

| Zona | Precipitación | Promedios | Temperatura |
|------|---------------|-----------|-------------|
| 1 | 1750 – 2000 | 1875 | 16 |
| 2 | 2000 – 2500 | 2250 | 20 |
| 3 | 2500 – 3000 | 2750 | 23 |

Elaborado por: Miriam Vargas

10.2.2. Método RAS de (Junker, 2005)

10.2.2.1. Proceso metodológico

Para proceder a determinar las distintas evapotranspiraciones potenciales, se utilizó la formulación propuesta por (Oudin, 2005), en el cual se tiene en cuenta la latitud del área de estudio conjuntamente con la temperatura.

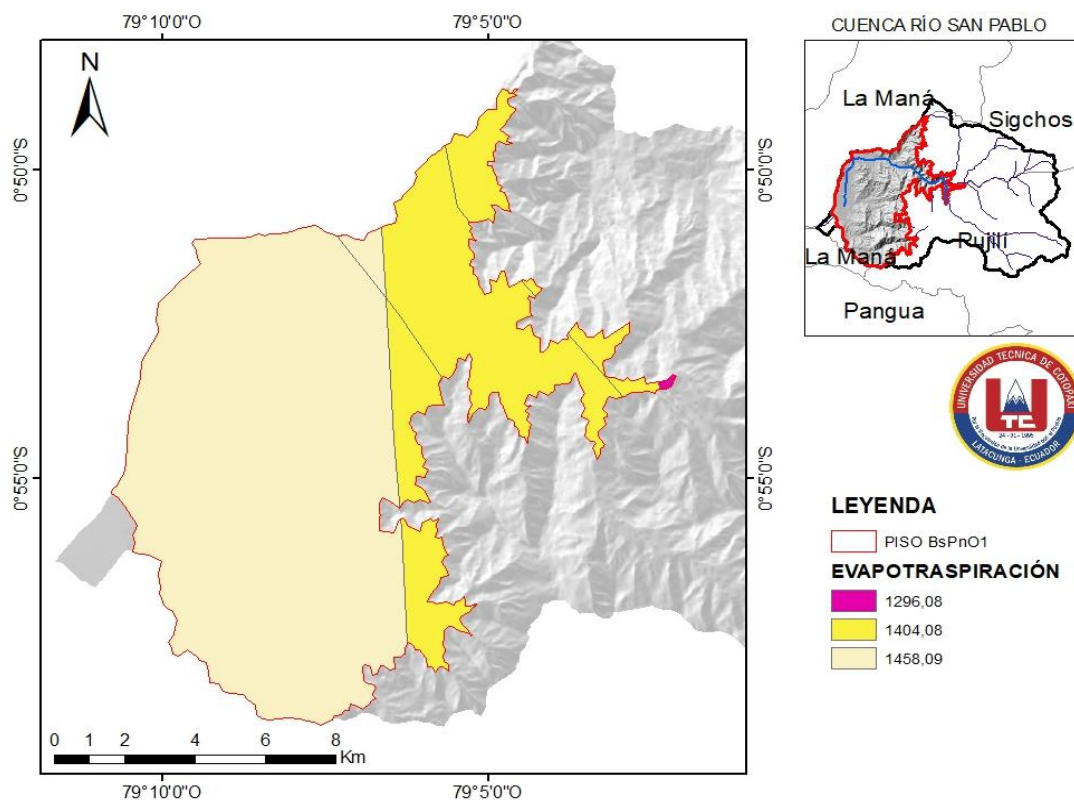
Tabla 15. Evapotranspiración Potencial

| Zona | Precipitación | Áreas | EVPotencial |
|------|---------------|---------|-------------|
| 1 | 1875 | 10,46 | 1134 |
| 2 | 2250 | 9438,28 | 1350 |
| 3 | 2750 | 3765,11 | 1512 |

Elaborado por: Miriam Vargas 2018.

Para la zona 1 de precipitación 1875 mm/año con un área de 10.46 ha y una temperatura promedio de 16°C, con la metodología propuesta por (Oudin, 2005) no arroja un resultado de 1134 de evapotranspiración potencial, a diferencia de la zona 3 que con una precipitación mayor de 2750 mm/año con un área de 3765.11 ha y una temperatura de 23°C, nos arroja un resultado de 1512 de evapotranspiración potencial.

Ilustración 22. Evapotranspiración del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

La Evapotranspiración real se calculó mediante la siguiente fórmula:

$$ET_{\text{real}} = ETP * kg$$

Obteniendo los siguientes resultados:

Tabla N° 15: Evapotranspiración real.

| Zona | Precipitación | Áreas | Temp | Etp | Kg | Etpreal |
|------|---------------|---------|------|------|-----|---------|
| 1 | 1875 | 10,46 | 16 | 1134 | 0,7 | 793,85 |
| 2 | 2250 | 9438,28 | 20 | 1350 | 0,8 | 1080,06 |
| 3 | 2750 | 3765,11 | 23 | 1512 | 0,8 | 1209,67 |

Elaborado por: Miriam Vargas 2018.

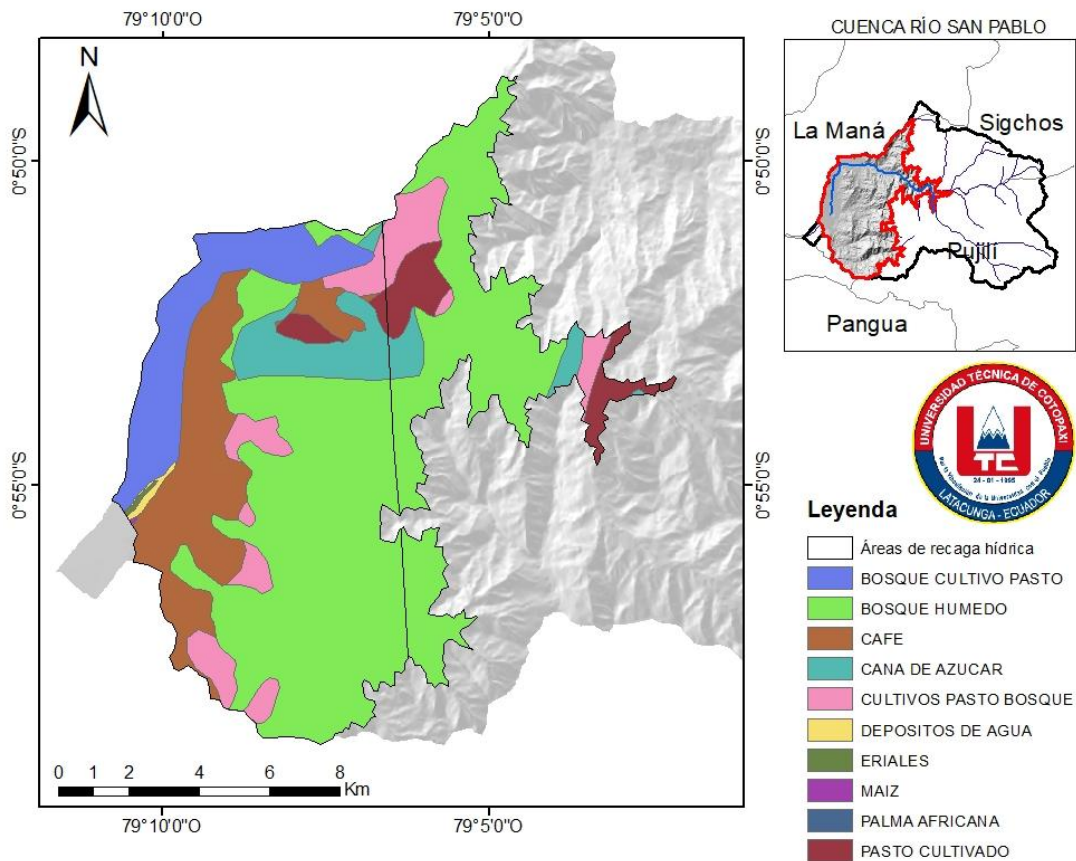
A través de la fórmula propuesta anteriormente se determinó como una baja concentración de tan solo 793.85 de evapotranspiración real en la zona 1, a diferencia de la zona 3 que posee 1209.67 de evapotranspiración real, lo que nos indica que a mayor precipitación mayor será la cantidad de evapotranspiración.

10.2.3. Coeficiente de infiltración

El coeficiente de infiltración se obtuvo mediante la siguiente fórmula:

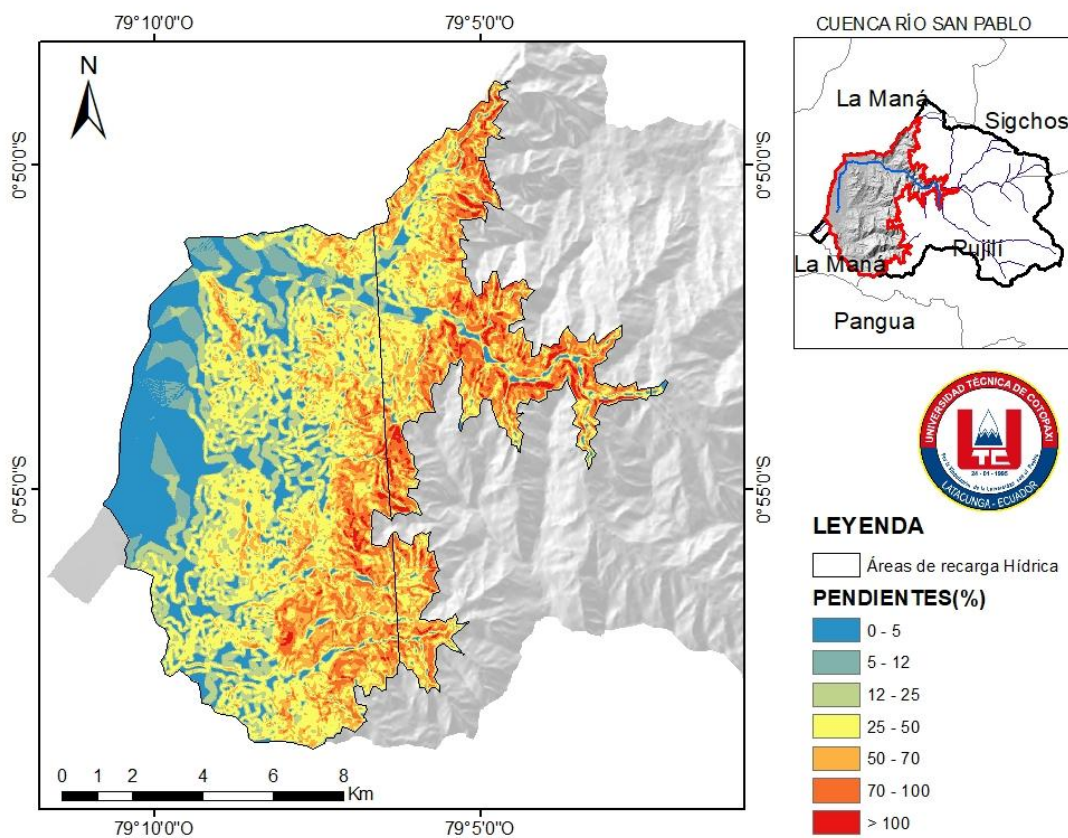
$$C = k_p + k_v + k_f$$

Ilustración 23. Determinación del k_v del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



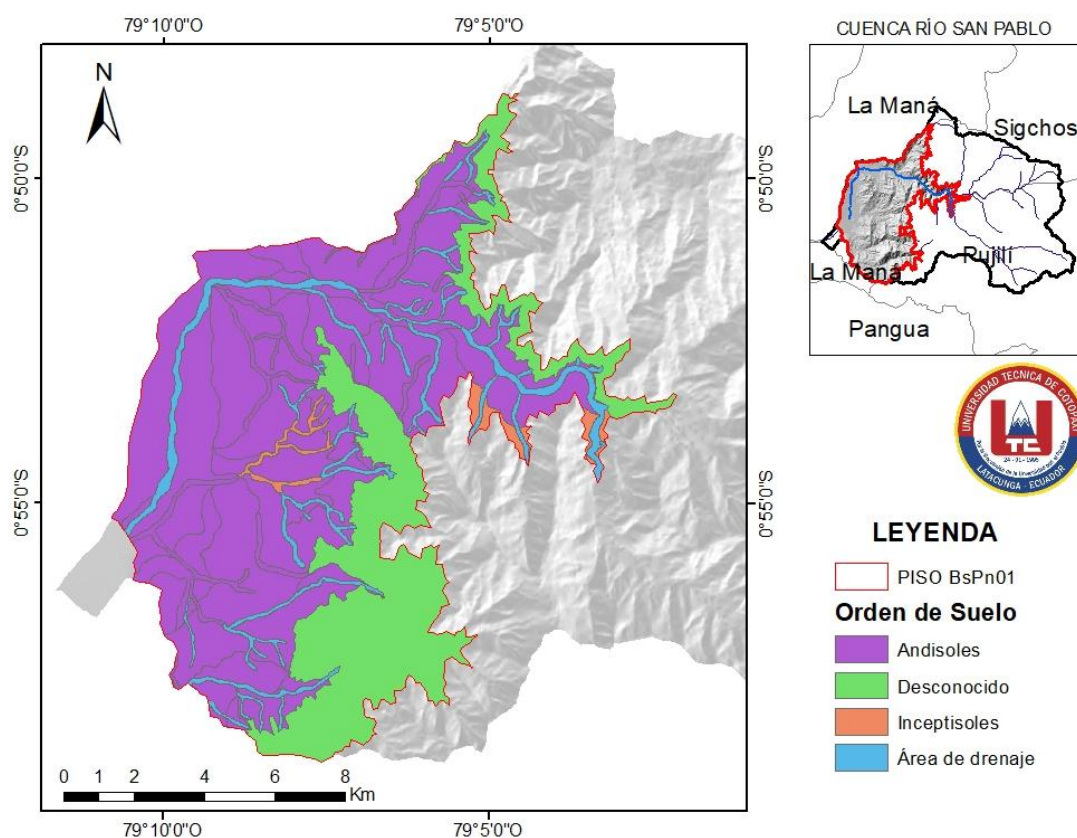
Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Ilustración 24. Determinación del kp del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Ilustración 25. Determinación del kfc del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

Se determinó que coeficientes se le asignaría a cada zona de recarga hídrica con la utilización de la mediana para cada zona de recarga hídrica de acuerdo a la cobertura vegetal, pendientes y orden de suelos, (se puede utilizar ponderaciones), obteniendo lo siguiente:

Tabla 16. Determinación del kv, kp y kfc

| Zona | Precipitación | Áreas | T (°C) | Evp | Kg | Kv | Kfc | Kp |
|------|---------------|---------|-----------|------|-----|-----|------|------|
| 1 | 1875 | 10,46 | 16 | 1134 | 0,7 | 0.2 | 0.20 | 0.4 |
| 2 | 2250 | 9438,28 | 20 | 1350 | 0,8 | 0.2 | 0.20 | 0.10 |
| 3 | 2750 | 3765,11 | 23 | 1512 | 0,8 | 0.2 | 0.20 | 0.10 |

Elaborado por: Miriam Vargas 2018.

10.2.4. RAS

A partir del cálculo del balance hídrico, conjuntamente con la sumatoria de cada coeficiente de infiltración se obtuvo mediante la ecuación

$$\text{RAS} = \text{BC} * \text{C} :$$

Tabla 17. Cálculo del RAS

| Zona | Precipitación | Áreas | ETP | ETPreal | Balance Climático | Coefficiente Infiltración | RAS |
|------|---------------|---------|------|---------|-------------------|---------------------------|--------|
| 1 | 1875 | 10,46 | 1134 | 445.51 | 793,85 | 0,80 | 592,74 |
| 2 | 2250 | 9438,28 | 1350 | 445.51 | 1080,06 | 0,50 | 449,96 |
| 3 | 2750 | 3765,11 | 1512 | 561.62 | 1209,67 | 0,50 | 618,96 |

Elaborado por: Miriam Vargas 2018.

El piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo presenta un área total de 132,13 km² de zonas de recargas hídricas, las cuales fueron evaluadas con el método de recarga subterránea de Junker (RAS), lo que arrojó como resultado que para primera zona se acumula 592.74 mm de agua por cada año, lo cual indica que con este resultado podemos realizar un plan de manejo de reserva de agua, pero la acumulación no va a ser tanta como la zona 3.

Para la zona 3 de recarga hídrica con un promedio de precipitación de 2750 mm/año, se tiene una evapotranspiración de 1209.67 que, con un 0.50% de infiltración vamos a tener un valor de 618.96 mm/años de acumulación de agua, que podría ser utilizada para acuíferos o como reservas de agua natural.

10.2.5. Priorización de las zonas de recarga hídrica

Mediante las metodologías y cálculos propuestos, en conjunto con los mapas elaborados en el software ArcGis 10.2, se vio en la necesidad de priorizar la zona 3 con recarga hídrica de mayor trascendencia, con una baja evapotranspiración, su porcentaje de infiltración y por ser un área propensa a la acumulación de agua por año, la misma que resumimos en la siguiente tabla de acuerdo a la ilustración 26.

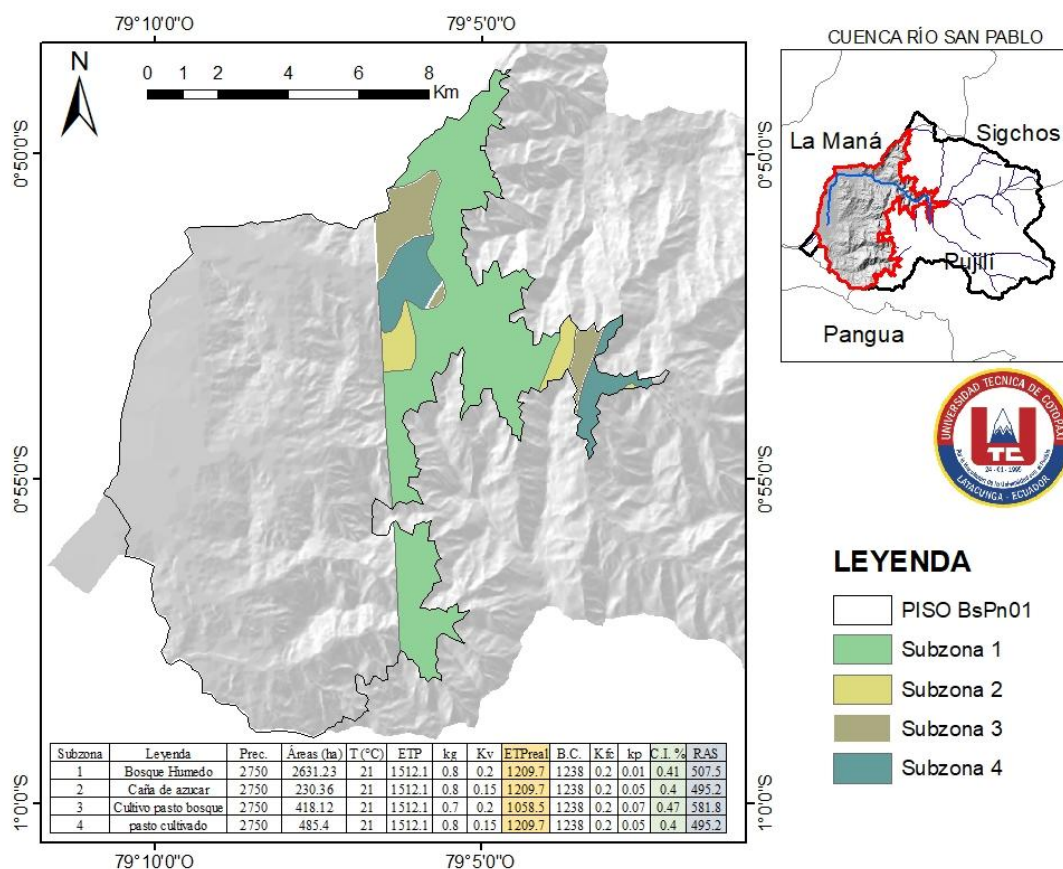
Tabla 18: Tabla de resumen.

| Subzona | Leyenda | Prec. | Áreas (ha) | T (°C) | ETP | kg | Kv | ETP _{real} | B.C. | Kfc | kp | C.I. % | RAS |
|---------|----------------------|-------|------------|--------|--------|-----|------|---------------------|------|-----|------|--------|-------|
| 1 | Bosque Húmedo | 2750 | 2631.23 | 21 | 1512.1 | 0.8 | 0.2 | 1209.7 | 1238 | 0.2 | 0.01 | 0.41 | 507.5 |
| 2 | Caña de azúcar | 2750 | 230.36 | 21 | 1512.1 | 0.8 | 0.15 | 1209.7 | 1238 | 0.2 | 0.05 | 0.4 | 495.2 |
| 3 | Cultivo pasto bosque | 2750 | 418.12 | 21 | 1512.1 | 0.7 | 0.2 | 1058.5 | 1238 | 0.2 | 0.07 | 0.47 | 581.8 |
| 4 | pasto cultivado | 2750 | 485.4 | 21 | 1512.1 | 0.8 | 0.15 | 1209.7 | 1238 | 0.2 | 0.05 | 0.4 | 495.2 |

Elaborado por: Miriam Vargas 2018.

En la zona uno se evidencia una gran presencia de bosque húmedo con una extensión de 2631.23 ha, donde se observa que llueve 2750 mm/año y posee una temperatura promedio de 21°C, lo que da como resultado una evapotranspiración real de 1209.7, con un 0.41% de infiltración, dejando una acumulación del recurso hídrico (RAS) de 507.5 mm/año, sin embargo los cultivos pasto bosque presenta una acumulación mayor de agua, debido a que su evapotranspiración es menor (1058.5) mismo que se infiltra un 0.47% y se acumula 581.8 mm/año del recurso hídrico; Esto nos indica que las zonas con presencia de bosque son consideradas como zonas de alta acumulación, pero las pendientes pronunciadas que se encuentran en la zona, permiten que el agua se escurra hacia las partes bajas, además depende de otros factores para que su acumulación sea mucho mayor, siendo de gran ayuda las pendientes poco pronunciadas que se presentan en la zona de cultivo pasto bosque.

Ilustración 26: Priorización de las ZRH del piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo.



Fuente: SNI, 2018 – Modificado por: Miriam Vargas.

10.3. MEDIDAS DE CONSERVACION DEL RECURSO HIDRICO.

- Los bosques como se ha evidenciado anteriormente en la zona de priorización nos determinó que es una parte esencial para la conservación del recurso hídrico, así como lo señala el reglamento de la ley de recursos hídricos usos y aprovechamientos del agua, de acuerdo con el cambio de uso del suelo señala: en su Art. 14: “El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas.” En base a esto se propone la protección de los bosques húmedos presentes en el piso bioclimático BsPn01 de la cuenca del río San Pablo, debido a que la reserva de agua subterránea en la zona de estudio es alta, a diferencia de otros lugares con presencia de cultivos, y el mantenerse no intervenida por el ser humano, garantizaría la conservación del

recurso hídrico y como un gran reservorio natural y como no ser destinado a la protección de especies endémicas pertenecientes a las zonas boscosas.

- Además, la ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre en el capítulo III de los bosques y vegetación protectores, Art. 7, señala que: “Sin perjuicio de las resoluciones anteriores a esta Ley, el Ministerio del Ambiente determinará mediante acuerdo, las áreas de bosques y vegetación protectores y dictará las normas para su ordenamiento y manejo. Para hacerlo, contará con la participación del CNRH. Tal determinación podrá comprender no sólo tierras pertenecientes al patrimonio forestal del Estado, sino también propiedades de dominio particular.”
- Después de haber identificado las zona de mayor recarga hídrica, se propone la conservación y protección de las especies endémicas del piso bioclimático BsPn01 y la total prohibición a la introducción de cualquier tipo de especie alóctona, ya que es posible que se genere un desequilibrio en su ecosistema, todo esta propuesta es sustentada según el Art. 74 de la ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre en el título II de las áreas naturales y de la flora y fauna silvestres en el capítulo III de la conservación de la flora y fauna silvestre, quien señala que: “El aprovechamiento de la flora y fauna silvestres no comprendidas en el patrimonio de áreas naturales del Estado, será regulado por el Ministerio del Ambiente, el que además determinará las especies cuya captura o utilización, recolección y aprovechamiento estén prohibidos.” Y el Art. 75 “Cualquiera que sea la finalidad, prohibase ocupar las tierras del patrimonio de áreas naturales del Estado, alterar o dañar la demarcación de las unidades de manejo u ocasionar deterioro de los recursos naturales en ellas existentes.
- Se prohíbe igualmente, contaminar el medio ambiente terrestre, acuático o aéreo, o atentar contra la vida silvestre, terrestre, acuática o aérea, existente en las unidades de manejo.”
- Como se evidenció en la priorización de recargas hídricas, que los bosques húmedos a pesar de tener una mayor área y un nivel alto de acumulación de agua, no fue una zona de alta acumulación debido a varios factores. Los cultivos pasto bosque nos indican que por tener un nivel de pendiente baja y evapotranspiraciones menores a el resto, nos ayuda a proponer que el manejo de

esos cultivos deberían tener un mejor manejo y regirse en leyes que permitan la conservación de esas áreas y que no puedan ser intervenidas por el ser humano y ninguna industria que pueda explotar dicho recurso en su beneficio, basándose en la ley de recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua en el capítulo tercero de protección de fuentes de agua en su Art. 70, señala que : “Régimen jurídico de las áreas de influencia de las fuentes de agua.- La resolución determinará también un área de influencia de la fuente de agua en la que se condicionarán los usos y actividades que puedan realizarse en ella.

- Los propietarios de los predios en los que se encuentren fuentes de agua delimitadas en relación a las cuales se hayan determinado también áreas de influencia, así como los usuarios del agua, estarán obligados a cumplir las regulaciones técnicas que en cumplimiento del ordenamiento jurídico establezca la Agencia de Regulación y Control del Agua en coordinación con la Autoridad Ambiental Nacional para la conservación y protección del agua en la fuente.
- En todo caso, la realización de las siguientes actividades que pretendan llevarse a cabo en el área de influencia estarán sometidas a autorización previa de la correspondiente Autoridad de Demarcación Hidrográfica:
 - a) Las alteraciones sustanciales del relieve natural del terreno;
 - b) Las extracciones de áridos.
 - c) Los cambios sustanciales de cultivos o el régimen de los mismos;
 - d) Las construcciones de todo tipo, tengan carácter definitivo o provisional.
 - e) Cualquier otro uso o actividad que presumiblemente pueda ser causa de degradación o deterioro del estado de las fuentes de agua.” Permitiendo que las autoridades hagan un manejo adecuado de estas zonas de cultivo y que se tome control en el avance de la frontera agrícola.

11. CONCLUSIONES

- Los bosques y su protección son un punto primordial para conservar especies de fauna y flora, y para ello es necesario determinar el avance de la frontera agrícola, cosa que en la investigación realizada en el presente documento no se apreció, debido a la presencia de bosques y áreas protegidas, tal es el caso de la reserva ecológica de los Ilinizas.
- Como se evidenció en la priorización de la zonas de recarga hídrica los busques no presentan el mayor nivel de acumulación del recurso hídrico pero es una zona prioritaria que necesita una protección y medidas de conservación de especies presentes en dicho lugar, ante este análisis se puede afirmar que los bosques por encontrarse en una zona de altas pendientes su nivel de escorrentía superficial en las máximas avenidas infiltra el agua y la convierte en escorrentías subterráneas dando paso a las zonas de baja pendiente un nivel de acumulación mucho mayor, diciendo así que los cultivos en ésta zona podrían darse sin ningún inconveniente, dando paso a la recuperación y regeneración natural de suelos.

12. RECOMENDACIONES

- Realizar estudios con una mayor profundidad para que las investigaciones futuras tengan un mejor conocimiento sobre las áreas de importancia hídrica y que las zonas de protección sean manejadas y priorizadas en los estudios posteriores.
- Que el presente estudio sirva de base para investigaciones posteriores y que se evidencie los cambios sucedidos por cada año de estudio, que no se quede solo en palabras o resultados olvidados, sino más bien, que las propuestas sean analizadas y aplicadas en zonas como estas que necesitan control y una dirección adecuada para la conservación de especies.
- Los bancos de germoplasma son una gran ayuda para la conservación de especies vegetativas que en algún momento en el que las especies por intervención humana de explotación desmedida de los recursos pongan en peligro a las especies endémicas del sector, dejando así en evidencia un pilar fundamental para que las autoridades permitan que se realicen estudios dirigidos a la protección de recursos naturales.

13. BIBLIOGRAFÍA

administracion de desastres blog. (19 de enero de 2011). Obtenido de <http://katiuskagestionderiesgo.blogspot.com/2011/01/tipos-de-vulnerabilidad.html>

Aparicio. (2010). significados. Obtenido de significados:
<https://www.significados.com/ciclo-del-agua/>

Cornejo, A. (2010). Aquabook. Obtenido de Aquabook:
http://aquabook.agua.gob.ar/378_0

Francisco, J. (2000). Manejo de cuencas hidrograficas. turrialba.

Frers, C. (2013). ecojoven. Obtenido de ecojoven:
<http://www.ecojoven.com/tres/10/acuiferos.html>

Garate, E. M. (mayo de 2012). sidalc.net. Obtenido de Consejo de Gestión de Aguas de la cuenca del Paute: <http://www.sidalc.net/repdoc/A2983e/A2983e06.pdf>

Ilbay. (2018). Manejo Integrado de Recurso Hídrico. Latacunga, Cotopaxi, Ecuador.

Junker. (2005). Método de la recarga de agua subterráneas.

Leonard, A. (s.f.). historia y biografía . Obtenido de
<https://historiaybiografias.com/deforestacion/>

Matus, O., Faustino, J., & Jiménez, F. (2009). Obtenido de
[https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRHidrica.pdf](https://www.catie.ac.cr/attachments/article/542/Guia%20Identificacion%20ZRH%20hidrica.pdf)

Merino, J. P. (2013). definicion.de. Obtenido de definicion.de:
<https://definicion.de/vulnerabilidad/>

Oudin. (2005). Potential evapotranspiration.

Oudin. (2005). Potential evapotranspiration.

Porto, J. P., & Merino., M. (2009). Definicion.de. Obtenido de Definicion.de:
<https://definicion.de/bosque/>

tipo. (s.f.). Obtenido de <http://www.tipos.co/tipos-de-bosques/>

Venemedia. (2014). concepto.definicionde. Obtenido de concepto.definicionde.:

<http://conceptodefinicion.de/vegetacion/>

Cordero, I. (2013). *Evaluación de la gestión territorial de la cuenca del río paarte, estrategias y líneas de acción para superarlas*. Obtenido de universidad de cuenca:

<http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/3358/1/TESIS%20.pdf>

Garate, E. M. (mayo de 2012). *sidalc.net*. Obtenido de Consejo de Gestión de Aguas de la cuenca del Paute: <http://www.sidalc.net/repdoc/A2983e/A2983e06.pdf>

CLIRSEN (2009): Generación de Geoinformación de la cuenca alta y media del río Pastaza. Diagnóstico bajo el enfoque de Ecología del Paisaje. Equipo consultor CLIRSEN. Quito.

Earth, 2012. El Ciclo Hidrológico

FAUSTINO, J. y JIMÉNEZ, F. (2000): Manejo de cuencas hidrográficas Rev.: 02.02.2013. En

<http://books.google.com.ec/books?id=99oOAQAIAAJ&pg=PT4&lpg=PT4&dq=cuenca+subcuenca+microcuenca+hidrográdica&source=bl&ots=2aDpMHiasu&sig=9hetJR7VOuszBJJ0MAVCPrZq88w&hl=X&ei=SFwNUcWAO-a40QHAwoCIA&sqi=2&ved=0CDYQ6AEwAg>

Faustino, J. et al. 2006. Curso Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas, Cali, Colombia 17 al 20 de Octubre de 2006.

Forman, 2004. Introducción a la Ecología de Paisaje. Barcelona- España

PACT (2012). Programa de agua y cuencas del Tungurahua. Gobierno Provincial de Tungurahua Ecuador.

IGAC (2009): El ABC de los suelos para no expertos. Guía gráfica y demostrativa para la aplicación práctica de los estudios de suelos. Personal del Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Bogotá

INAMHI. 2007. Anuarios Meteorológicos. Quito – Ecuador

Indij, D. y Scherider, Mario. 2011. Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH) y su aprovechamiento para la agricultura frente al Cambio Climático en la Región Andina. Series Manuales. Manual N° 1. Programa AACC, GIZ. Alemania.

Instituto Espacial Ecuatoriano, IEE, 2012.

SNI (2014). Sistema Nacional de Información. Shapes.

Anexo N° 2 Hoja de Vida del Docente Tutor del Proyecto de Investigación

CURRICULUM VITAE

1.- DATOS PERSONALES

NOMBRES Y APELLIDOS: Jaime Rene Lema Pillalaza

FECHA DE NACIMIENTO: 20 de Julio de 1976

CEDULA DE CIUDADANÍA: 1713759932

ESTADO CIVIL: Casado

NUMERO TELEFONICO: 0999837914

EMAIL: jaime.lema@utc.edu.ec



2. - ESTUDIOS REALIZADOS

NIVEL PRIMARIO: ESCUELA FISCAL PEDRO LUIS CALERO

NIVEL SECUNDARIO: COLEGIO NACIONAL SANTIAGO DE GUAYAQUIL

NIVEL SUPERIOR: UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

3.- TITULOS

PREGRADO: LICENCIADO EN TURISMO ECOLOGICO

POSTGRADO: MAGISTER EN EDUCACION AMBIENTAL

4.- EXPERIENCIA LABORAL COMO DOCENTE Y CAPACITADOR

- DOCENTE UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI MATRIZ EN LATACUNGA EN LAS SIGUIENTES ASIGNATURAS: TECNICAS DE MONITOREO AMBIENTAL, ESTUDIOS DE IMPACTOS AMBIENTALES Y DISEÑO DE PLAN DE MANEJO AMBIENTAL. 2015
- DOCENTE UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI EXTENSION LA MANA EN LAS SIGUIENTES ASIGNATURAS: EDUCACION AMBIENTAL, HISTORIA DEL ECUADOR Y DEL ARTE, TEORIA DEL TURISMO. 2014-2015
- TUTOR VIRTUAL EN EL PROGRAMA DE ALTOS DIRECTIVOS EN PLATAFORMA MOODLE, OFICINA COOPERACION UNIVFRSITARIA, JUNIO 2014.
- CAPACITADOR CALIFICADO POR LA SETEC POR COMPETENCIAS LABORALES EN LAS SIGUIENTES AREAS: AMBIENTE, TURISMO, ATENCION AL CLIENTE, ETIQUETA Y PROTOCOLO, SEGURIDAD INDUSTRIAL.
- TECNICO PARA EL LEVANTAMIENTO DE INFORMACION EN EL AREA TURISTICA Y AMBIENTAL PARA EL PROYECTO TURISMO COMUNITARIO RED INTERVALLES EN LA PARROQUIA DE PIFO ENERO 2014.
- CAPACITADOR SECAP CURSO ANFITRION DE TURISMO COMUNITAIO ABRIL 2013.

- CAPACITADOR OPERADORA OMY EN CONTAMINACION AMBIENTAL ENERO 2011
- DOCENTE DE BIOLOGIA Y CIENCIAS NATURALES EN EL LICEO MUNICIPAL FERNANDEZ MADRID, MAYO 2012.
- FACILITADOR MODULO DE EDUCACION AMBIENTAL EN EL SINDICATO DE CHOFERES DE PICHINCHA, NOVIEMBRE 2011.
- INSTRUCTOR EN TEMAS RELACIONADOS A TURISMO Y EDUCACION AMBIENTAL EN CONSULTORA AMOBIENTAL Y TURISMO SOSTENIBLE CATSO, MARZO 2011.
- DOCENTE DE CIENCIAS NATURALES EN EL INSTITUTO TECNICO SUPERIOR CONSEJO PROVINCIAL DE PICHINCHA, 2010.
- COORDINADOR DE PROYECTOS AMBIENTALES EN EL COLEGIO FERNANDO ORTIZ CRESPO, 2010.
- DOCENTE MODULO DE FILOSOFIA DE LA EDUCACION EN LA PROVINCIA INSULAR DE GALAPAGOS, MARZO 2010
- DOCENTE DE EDUCACION AMBIENTAL Y CIENCIAS NATURALES EN EL COLEGIO FERNANDO ORTIZ CRESPO, 2009.
- ASESOR METODOLOGICO EN EL 1ER CONCURSO INTERCOLEGIAL SOBRE TEMAS ANTARTICOS CON LOS ESTUDIANTES DE BACHILLERATO DEL COLEGIO FERNANDO ORTIZ CRESPO, NOVIEMBRE 2010.
- COORDINADOR DE LA SEDE DE GALAPAGOS UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR ENERO 2005- DICIEMBRE 2009
- EXPOSITOR EN SEMINARIO “FUTURO TURISTICO DEL ECUADOR” UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE FILOSOFIA ESCUELA DE BIOLOGIA Y QUIMICA, ENERO DEL 2010.
- INSTRUCTOR II DE LOS MIEMBROS A LAS JUNTAS RECEPTORAS DEL VOTO EN EL PROCESO ELECTORAL DEL 2009.

4.- EXPERIENCIA LABORAL COMO CONSULTOR AMBIENTAL

- “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA PERFORACION DEL POZO DE DESARROLLO PARAISO 24, CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA VIA DE ACCESO Y LINEA DE FLUJO CORPORACION Y ANAPANA, MARZO 2014.
- “ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL Y PLAN DE MANEJO AMBIENTAL PARA LA PERFORACION DEL POZO DE DESARROLLO HUACHITO 01, CONSTRUCCION DE LA PLATAFORMA, VIA DE ACCESO Y LINEA DE FLUJO CORPORACION Y YANAPANA, MARZO 2014.
- ACTUALIZACION DEL INVENTARIO FORESTAL CAMPO EDEN TIERRAS ORIENTALES CONSULTORA AMBIENTAL ENERGY GROUP FEBRERO Y MARZO 2014

6.- CARGOS DESEMPEÑADOS

DOCENTE UTC

FISCALIZADOR AMBIENTAL

CONSULTOR AMBIENTAL

TUTOR VIRTUAL

COORDINADOR EDUCACION A DISTANCIA

7.- CURSOS DE CAPACITACIÓN

- PRIMER SIMPOSIO NACIONAL PARA LA GESTION DEL CONFLICTO GENTE-FAUNA SILVESTRE Y TRÁFICO DE VIDA SILVESTRE, 24 DE SEPTIEMBRE DEL 2014.
- VII FORO REGIONAL SOBRE TRANSFORMACION DE CONFLICTOS SOCIO AMBIENTALES AMERICA LATINA, 16 Y 17 DE SEPTIEMBRE DEL 2014.
- CHARLAS ESPECIALIZADAS SOBRE EL AMBIENTE FUNDACION HERPETOLOGICA GUSTAVO ORCES 13 DE JUNIO 2013.
- TALLER METODOLOGIA DE DISEÑO CURRICULAR POR COMPETENCIAS LABORALES SETEC 14 DE NOVIEMBRE 2012
- FORO HACIA UNA CIUDAD SUSTENTABLE: INFRAESTRUCTURA ECOLOGICA Y RECUPERACION DE QUEBRADAS EMAP DEL 06 AL 07 DE AGOSTO 2012.
- CURSO DE RELACIONES HUMANAS MINISTERIO DE RELACIONES LABORALES FEBRERO 2012
- CURSO DE LEGISLACION EDUCATIVA INSTITUTO TECNICO SUPERIOR CONSEJO PROVINCIAL DE PICHINCHA SEPTIEMBRE DEL 2011.
- CURSO SOBRE INFORMATICA APLICADA A LA EDUCACION PROYECTOS DE AULA I MUNICIPIO DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO SECRETARIA DE EDUCACION FEBRERO 2011
- TALLER “EXAMEN SER PARA DOCENTES” UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO (IDEA) INSTITUTO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE, QUITO ENERO 2010.
- TALLER “EDUCACION POPULAR AMBIENTAL” RED ECUATORIANA DE EDUCACION AMBIENTAL, EL JARDIN BOTANICO DE QUITO, CEMARNA-UP GEO JUVENIL ECUADOR Y 350. ORG. QUITO 2009.
- SEMINARIO DE ORNITOLOGIA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO, 2005.
- SEMINARIO INTRODUCCIO A LA ENTOMOLOGIA ESCUELA DE BIOLOGIA, FACULTAD DE FILOSOFIA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR 2005.
- SEMINARIO EXPERIENCIAS DE ECOTURISMO EN EL ECUADOR ESCUELA DE BIOLOGIA FACULTAD DE FILOSOFIA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR QUITO 2004.
- SEMINARIO DE TECNICAS DE EVALUACION DE FLORA Y FAUA SILVESTRE ESCUELA DE BIOLOGIA, FAACULTAD DE FILOSOFIA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR QUITO 2013.
- SEMINARIO FORMADOR DE FORMADORES FUNDACION OMY 13 AL 21 DE ENERO DEL 2012.
- SEMINARIO ECUADOR EN LA ANTARTIDA HISTORIA PERSPECTIVA Y PROYECCIONES HOTEL QUITO DEL 15 AL 18 DE NOVIEMBRE.

- IV ENCUENTRO AMBIENTAL: ECUADOR ESTRATEGIAS HACIA LA SUSTENTABILIDAD. UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERIA MINAS PETROLEOS Y AMBIENTAL. QUITO JUNIO 2010.
- EVUALACION DIFERENCIADA UNIVERSIDAD SAN FRANCISCO DE QUITO (IDEA) INSTITUTO DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE. QUITO ABRIL DEL 2010.
- IV FORO INTERNACIONAL CIUDAD Y AMBIENTE, DIRECCION METROPOLITANA AMBIENTAL. QUITO 2009.
- SEGUNDO FORO “CALENTAMIENTO GLOBAL PERSPECTIVAS DE UNA SOLUCION” UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR FACULTAD DE INGENIERIA. QUITO 2007”

8.- REFERENCIAS PERSONALES

DR CARLOS MORALES

FUNCIONARIO DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE

0992631477

DR IVAN MURILLO

DOCENTE DE LA UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

Lcdo. JAIME RENÉ LEMA PILLALAZA. Mg.
C.C. 171 3759932

Anexo 3. Hoja de vida del proponente del proyecto de investigación**CURRÍCULUM VITAE****a) DATOS PERSONALES**

| | |
|--------------------------------|------------------------------------|
| NOMBRES: | Miriam Paulina |
| APELLIDOS: | Vargas German |
| CÉDULA DE IDENTIDAD: | 1751433853 |
| FECHA DE NACIMIENTO: | 18 de enero de 1995. |
| EDAD: | 23 |
| ESTADO CIVIL: | Casada |
| NACIONALIDAD: | ecuatoriana |
| DIRECCIÓN DOMICILIARIA: | San Juan de Pastocalle – Latacunga |
| N° CELULAR: | 0999088938 |
| CORREO ELECTRONICO: | mirian1995@hotmail.es |
| TIPO DE SANGRE: | O+ |

**b) ESTUDIOS REALIZADOS:****INSTRUCCIÓN PRIMARIA**

Unidad Educativa Pastocalle.

INSTRUCCIÓN SECUNDARIA

Unidad Educativa Primero de Abril

INSTRUCCIÓN SUPERIOR

Universidad Técnica de Cotopaxi

c) TITULOS OBTENIDOS:

- TITULO DE BACHILLER: Ciencias Químico Biológicas
- EGRESADA DE LA CARRERA DE INGENIERIA DE MEDIO AMBIENTE DE LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI

d) IDIOMAS

Suficiencia en el idioma de inglés en la Universidad Técnica de Cotopaxi.

e) PRACTICAS PRE-PROFESIONALES

- Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Latacunga – Dirección de Ambiente
- Proyecto Calidad de Aire – Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga - Ecuador

Anexo 4. CÁLCULOS

Índice de Gravelius o Coeficiente de Compacidad.

$$Kc = 0.282 * \frac{P}{A^{1/2}}$$

$$A = 132.13 \text{ km}^2$$

$$P = 102.24 \text{ km}$$

$$Kc = 0.282 * \frac{102.24 \text{ km}}{\sqrt{132.13^2 \text{ km}^2}} = 2.51$$

Si el índice de compacidad es > 1 , presenta una forma irregular y, si < 1 es una cuenca circular por lo que la CrSP, presenta una forma irregular con un valor de 2.51.

Coeficiente de Forma (Kf)

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

$$A = 132.13 \text{ km}^2$$

$$L = 12.339 \text{ km}$$

$$kf = \frac{132.13 \text{ km}^2}{12.34^2 \text{ km}^2} = 0.86$$

Si el Coeficiente de Forma (Kf) es > 0.5 será una zona propensa, al obtener un valor de 0.86, la CrSP es una zona propensa a inundarse.

CARACTERÍSTICAS HIDROLÓGICAS

Red y densidad de drenaje

Densidad de drenaje

$$Dd = \frac{Lt}{A}$$

$$A = 132.13 \text{ km}^2$$

$$Lt = 22.08 \text{ km}$$

$$Dd = \frac{22.08 \text{ km}}{132.13 \text{ km}^2} = 0.17$$

Al obtener un valor menor a 0.5, la Cuenca del Río San Pablo presenta un drenaje pobre.

Sinuosidad

$$S = \frac{L}{L_t}$$

$$L_t = 22.08 \text{ km}$$

$$L = 12.34 \text{ Km}$$

$$S = \frac{12.34 \text{ km}}{22.08 \text{ km}} = 0.56$$

Presenta una sinuosidad poco apreciable, con un valor de 0.56.