



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao
y Cebadas de la provincia de Chimborazo

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero Ambiental

Autor(es):

Picuña Vilema Alexander David
Pilamunga Zabala Lizbeth Micaela

Tutor:

PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo

Riobamba, Ecuador, 2023

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Nosotros, **Alexander David Picuña Vilema** y **Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala**, con cédula de ciudadanía **0605310853** y **060553591-3**, autor (es) del trabajo de investigación titulado: **“Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Así mismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos, la posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 26 de abril, 2023

Alexander David Picuña Vilema

C.I: 0605310853

Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala

C.I: 0605535913



ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 03 días del mes de Abril de 2023, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Alexander David Picuña Vilema** con CC: **060531085-3**, de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.

Firmado electrónicamente por:
**BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO**

PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo



TUTOR(A)



ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

En la Ciudad de Riobamba, a los 03 días del mes de Abril de 2023, luego de haber revisado el Informe Final del Trabajo de Investigación presentado por el estudiante **Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala** con CC: **0605535913-3**, de la carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL** y dando cumplimiento a los criterios metodológicos exigidos, se emite el **ACTA FAVORABLE DEL INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN** titulado "**Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo**", por lo tanto se autoriza la presentación del mismo para los trámites pertinentes.



Firmado electrónicamente por:
**BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO**

PhD. Benito Guillermo Mendoza Trujillo

TUTOR(A)

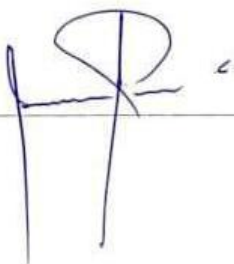
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación: Determinación de parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo, presentado por **Alexander David Picuña Vilema y Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala**, con cédula de identidad número **060531085-3** y **060553591-3**, bajo la tutoría de Dr. Benito Mendoza Trujillo; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación, Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba a la fecha de su presentación, 26 de abril de 2023.

Ing. Iván Ríos, PhD
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. María Fernanda Rivera, Mgs,
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Carla Silva, Mgs,
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO





CERTIFICACIÓN

Que, **Picuña Vilema Alexander David** con CC: **06053108533**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LAS MICROCUENCAS DE ALAO Y CEBADAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**", cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO

PhD. Benito Mendoza Trujillo
TUTOR(A)



CERTIFICACIÓN

Que, **Pilamunga Zabala Lizbeth Micaela** con CC: **0605535913**, estudiante de la Carrera **INGENIERÍA AMBIENTAL**, Facultad de **INGENIERÍA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado " **DETERMINACIÓN DE PARÁMETROS HIDRÁULICOS EN LAS MICROCUENCAS DE ALAO Y CEBADAS DE LA PROVINCIA DE CHIMBORAZO**", cumple con el 9 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **URKUND**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 19 de abril de 2023



FORMADO ELECTRONICAMENTE POR:
BENITO GUILLERMO
MENDOZA TRUJILLO

PhD. Benito Mendoza Trujillo
TUTOR(A)

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre Margarita Vilema, pilar fundamental para culminar mi carrera, ya que por su apoyo incondicional que me ha brindado siempre me ha motivado a seguir adelante y nunca rendirme. Es quien también me inculco respeto, bondad, humildad y todos los valores hacia las personas que me rodean y siempre me impulsa a superarme para llegar a cumplir cada una mis metas propuestas para el transcurso de mi vida.

Alexander David Picuña Vilema

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres Esthela y Jorge, que son el pilar de mi vida y los responsables del ser humano que soy hoy en día, por los que muchas veces no me rendí, son quienes siempre me han apoyado, he inculcado buenos valores y han sabido guiarme en toda decisión que he tomado a lo largo de mi vida.

A mis hermanos Edison, Jhonnatan y Alison que han estado presentes durante este camino con sus consejos y palabras de aliento.

Reconozco y agradezco el apoyo brindado por todas las personas que estuvieron a mi lado.

Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala

AGRADECIMIENTO

Primero agradezco a Dios y a la virgen por darme salud, vida y sabiduría para poder enfrentar todos los retos propuestos durante la formación de mi carrera. Agradezco a mi madre Margarita y mi hermano Jonathan quienes formamos una familia y que nos queremos a pesar de todas las adversidades que tenemos en la vida.

Agradezco a cada uno de los docentes y técnicos de laboratorio de la carrera de Ingeniería Ambiental, quienes han aportado con sus conocimientos, experiencias de vida y buenos consejos a lo largo de mi formación y que siguen impulsándome a superarme y no confórmame con lo logrado.

Al PhD, Benito Mendoza quien con su amistad, conocimiento y profesionalismo me guio como estudiante y pude aprender lo necesario para culminar con éxito este trabajo de investigación, También agradezco a mis amigos y compañeros que conocí a lo largo de la carrera, que siempre estuvieron en cada paso que di y supieron aportar con su granito de arena para crecer como persona y profesional.

Alexander David Picuña Vilema

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a la Virgen por permitirme llegar hasta este punto con salud y vida, a mis padres y hermanos que han sido mi mayor ejemplo, que por ellos cada día me esforzaba para hacerlos sentir orgullosos y que todo el esfuerzo que han invertido en mí ha valido la pena, a mi hermanita que ha sido una gran motivación para seguir adelante, gracias por confiar en mí.

A la Universidad Nacional de Chimborazo y a todos los docentes quienes han sido parte de mi carrera universitaria y que han inculcado en mí sabiduría para ser además de una buena profesional un excelente ser humano, a mis compañeros y amigos de carrera, que hubiera sido la vida universitaria sin las risas y los buenos momentos que sin duda se marcaron en mi vida y los llevaré en mi memoria.

Al PhD Benito Mendoza docente, tutor y amigo que ha sabido guiar y forjar a los profesionales que salen de sus manos, gracias por regalarme sus conocimientos y sus consejos, por su ayuda brindada a lo largo de este trabajo de investigación y hacer que se finalice con éxito.

Gracias infinitas a quienes estuvieron a mi lado durante todo este trayecto.

Lizbeth Micaela Pilamunga Zabala

ÍNDICE GENERAL

ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	
ACTA FAVORABLE - INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN.....	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.....	19
Antecedentes	19
Problema.....	20
Justificación.....	20
OBJETIVOS	21
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.....	22
CAPÍTULO III, METODOLOGIA,.....	30
Fase 1) Establecer el uso de suelo y la cobertura vegetal	30
Fase 2) Obtención de los parámetros hidráulicos.....	33
Fase 3) Determinar la capacidad de campo (CN) y (S).....	34
Fase 4) Modelación la relación de precipitación-escorrentía a través de Hec-Hms	35
Modelación para obtener la relación de precipitación - escorrentía.....	35
CAPÍTULO IV, RESULTADOS Y DISCUSIÓN	37
Clasificación de Uso y cobertura vegetal del suelo en las Microcuencas de Alao y Cebadas	37
Clasificación de la taxonomía de las microcuencas de Alao y Cebadas	38
Parámetros hidráulicos de la Microcuenca del Río Alao	40

Análisis de textura M.R.A	40
Cálculo de Porosidad M.R.A	41
Cálculo de Materia Orgánica M.R.A	42
Cálculo de Permeabilidad M.R.A	42
Cálculo de Infiltración M.R.A	43
Parámetros hidráulicos de la Microcuenca del Río Cebadas	44
Análisis de textura de la M.R.C	44
Cálculo de Porosidad M.R.C	45
Cálculo de Materia Orgánica M.R.C	46
Cálculo de Permeabilidad M.R.C	47
Cálculo de Infiltración M.R.C	47
Asignación del grupo hidrológico (HSG) y Capacidad de campo (CN) para la M.R.A y M.R.C	48
Potencial máximo de retención (S)	52
Modelación para obtener la relación de precipitación y escorrentía a través de Hec-HMS	54
Oferta hídrica de la M.R.A	58
Oferta hídrica de la M.R.C	60
CAPÍTULO V, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64
ANEXOS	67
Anexo 1 Números de curva de escorrentía según su cobertura vegetal	67

Anexo 2. Asignación numérica general para las diferentes texturas del suelo	69
Anexo 3. Modelo precipitación – escorrentía periodo 1981 – 2000 M.R.C	69
Anexo 4. Concesiones de riego para la provincia de Chimborazo.....	72
Anexo 5 Parámetros hidráulicos de la M.R.A y M.R.C.....	77
Anexo 6. Caudal promedio de las microcuencas M.R.A y M.R.C	88
Anexo 7 Registro fotográfico.....	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la porosidad total del suelo	23
Tabla 2. Tipos de suelos y texturas de acuerdo con la clasificación americana.....	25
Tabla 3: Número de curva en función del uso del suelo y grupo hidrológico.....	26
Tabla 4. Áreas por cada tipo de Cobertura y Uso de Suelo de las Microcuencas	37
Tabla 5. Áreas por cada tipo textural de las Microcuencas	38
Tabla 6. Valoración numérica para las clases texturales de la M.R.A	41
Tabla 7. Valoración numérica para las clases texturales de la M.R.C.....	44
Tabla 8. Asignación de HSG y CN para la M.R.A.....	49
Tabla 9. Asignación de HSG y CN para la M.R.C	50
Tabla 10. Caudal ofertado en la M.R.A.....	58
Tabla 11. Caudal ofertado en la M.R.C.....	60
Tabla 12. Números de curva de escorrentía para pastizales áridos y semiáridos	67
Tabla 13. Números de curva de escorrentía para la agricultura	68
Tabla 14. Clases texturales	69
Tabla 15. Uso y caudal de las concesiones de riego para la M.R.A.....	72
Tabla 16. Uso y caudal de las concesiones de riego para la M.R.C	73

Tabla 17. Parámetros hidráulicos microcuenca del río Alao	77
Tabla 18. Parámetros hidráulicos de la microcuenca del río Cebadas	82
Tabla 19. Caudal medio Calculado de la M.R.A	88
Tabla 20. Caudal medio Calculado de la M.R.C	91

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clases texturales, sistema USSDA.....	24
Figura 2. Ubicación de las zonas de estudio.....	31
Figura 3. Mapa de Ubicación de los puntos de muestreo.....	32
Figura 4. Flujograma de actividades	36
Figura 5. Mapa de Cobertura y Orden textural de la M.R.A.....	39
Figura 6. Mapa de Cobertura y Orden textural de la M.R.C.....	40
Figura 7. Porcentaje de Porosidad según la cobertura vegetal de la M.R.A	41
Figura 8. Porcentaje de Materia Orgánica según la cobertura vegetal de la M.R.A	42
Figura 9. Permeabilidad según la cobertura vegetal de la M.R.A.....	43
Figura 10. Infiltración según la cobertura vegetal de la M.R.A.....	43
Figura 11. Porcentaje de Porosidad según la cobertura vegetal de la M.R.C.....	45
Figura 12. Porcentaje de Materia Orgánica según la cobertura vegetal de la M.R.C	46
Figura 13. Permeabilidad según la cobertura vegetal de la M.R.C.....	47
Figura 14. Infiltración según la cobertura vegetal de la M.R.C	48
Figura 15. Mapa de los valores de CN de la M.R.A	50
Figura 16. Mapa de los valores de CN de la M.R.C.....	51
Figura 17. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.A.....	52
Figura 18. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.C.....	53
Figura 19. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.A	54
Figura 20. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2021 M.R.A	55
Figura 21. Curva de Duración de los caudales de la M.R.A	55
Figura 22. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C.....	56
Figura 23. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2021 M.R.C.....	57
Figura 24. Curva de Duración de los caudales de la M.R.C	58
Figura 25. Subdivisión de la Microcuenca Cebadas para el modelado	69

Figura 26. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC1	70
Figura 27. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC2	70
Figura 28. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC3	71
Figura 29. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC1	71
Figura 30. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC2	71
Figura 31. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC3	72

RESUMEN

Las microcuencas de los ríos Alao y Cebadas están localizadas dentro de la subcuenca del río Chambo, en la provincia de Chimborazo, cantón Riobamba y cantón Guamote respectivamente y por su ubicación se encuentran en los límites entre la Provincia de Chimborazo y Morona Santiago, por lo cual se encuentran en zonas altas, lo que beneficia a que se tenga en gran parte de su extensión territorial característica de páramo y que aporten grandes cantidades de agua para la subcuenca del río Chambo, los mismos que pueden ser aprovechados en proyectos para mejorar la calidad de vida de las personas dentro de la provincia.

Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo determinar los parámetros hidráulicos en las Microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo, identificando el uso de suelo y cobertura vegetal, el número de curva y la relación de precipitación y escorrentía, los mismos que brindarán información de la oferta hídrica que se tiene en las dos microcuencas y que se pueda aprovechar este recurso en proyectos que ayuden a la producción agropecuaria, proyectos para consumo de agua potable, proyectos de riego y que se realice de manera controlada, sin explotar este recurso natural.

Por ello se utilizaron imágenes satelitales las cuales nos ayudaron a establecer los tipos de uso de suelo y cobertura vegetal, como también los puntos de muestreo donde se realizaron los análisis *in-situ* y *ex-situ* para determinar los parámetros hidráulicos como materia orgánica, porosidad, capacidad de infiltración y coeficiente de permeabilidad o carga hidráulica del suelo, arrojando como resultado que en su mayoría la microcuenca del río Alao posee mejores condiciones hidráulicas a comparación a la del río Cebadas, esto ocurre por la ubicación de ambas microcuencas y por las actividades antropogénicas que se dan en la zona.

Para el modelado usando el software HEC-HMS se usaron los parámetros descritos anteriormente como el método de número de curva SCS basado en datos de precipitación diaria, evapotranspiración promedio mensual y rango de temperatura diario de 1981-2000 y 2001 a 2021, incluyendo el tiempo de retardo, umbral de escorrentía y CN y otros datos geomórficos que permitan obtener el caudal diario durante cierto periodo de tiempo.

De acuerdo con todo lo mencionado, los resultados que se obtuvieron de la modelación hidrológica indican que el caudal medio de la microcuenca del río Alao es de $0,6590 \text{ m}^3/\text{s}$, y el caudal medio de la microcuenca del río Cebadas es de $1,8497 \text{ m}^3/\text{s}$, por

otro lado, el caudal ecológico hace referencia al agua necesaria para preservar las condiciones ecológicas en un cauce, en este sentido el caudal ecológico del río Alao es de $0,0659 \text{ m}^3/\text{s}$, y el del río Cebadas es de $0,1849 \text{ m}^3/\text{s}$. Las concesiones de agua del río Alao son de $0,00025 \text{ m}^3/\text{s}$ y las del río Cebadas son de $0,00222 \text{ m}^3/\text{s}$ y la resolución de este trabajo de investigación nos proyecta que la oferta hídrica para el río Alao es de $0,5929 \text{ m}^3/\text{s}$ y para el río Cebadas es de $1,66252 \text{ m}^3/\text{s}$, lo cual indica que la oferta hídrica de ambos ríos permitirá extraer agua para diversas actividades en la cuenca siempre y cuando este recurso esté bajo las debidas condiciones de uso controlado.

Palabras claves: Capacidad de campo, potencial máximo de retención, número de curva, precipitación, escorrentía, curva de duración.

ABSTRACT

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

Antecedentes

El ciclo del agua, también conocido como el ciclo hidrológico, representa el principio fundamental de la ciencia hidrológica, que describe el continuo movimiento del agua a través de la atmósfera y la tierra (Córdova, 2015) en el cual intervienen procesos como evaporación, precipitación, infiltración, escorrentía quienes intervienen con el medio que los rodea (Casado, 2020) debido a esto hay que tomar en cuenta el manejo y aprovechamiento del espacio físico y de los recursos naturales existentes en una cuenca hidrográfica, por otro lado, en Ecuador existen varios factores que afectan a las cuencas hidrográficas y las deterioran, entre ellas se encuentra el calentamiento global, la sequía, la contaminación, las actividades y mal manejo en la zona alta de las cuencas, además la mayoría de las cuencas hidrográficas no llevan un adecuado manejo para su conservación, por esta razón el ciclo hidrológico del agua también se ve afectado causando problemas como la poca retención de humedad, erosión, inundaciones en periodos de precipitación y escasez de agua en los periodos de estiaje (León, 2020).

La escorrentía superficial forma parte del ciclo hidrológico que depende de varios factores climáticos, características físicas que se producen como consecuencia del exceso de agua que no se filtra (Mendoza, 2021) impidiendo los procesos de infiltración y almacenamiento de agua en el suelo y los acuíferos, dando lugar a los procesos erosivos (Camarasa, 2018) lo que convierte en un problema crítico ya que puede ocasionar el desbordamiento de los ríos, aumento la carga de sedimentos y por ende la contaminación del río (Mendoza, 2021).

La escorrentía superficial y subterránea va a depender de las características hidráulicas en el subsuelo tales como la conductancia hidráulica y porosidad, las mismas que se distribuyen con las condiciones geológicas y topográficas del suelo (Lee, 2015) sabiendo que el agua subterránea representa el 98% del agua dulce no congelada disponible como fuente de abastecimiento (Cerón, 2021).

Por otra parte, para realizar este estudio es necesario obtener información hidrometeorológica en las cuencas hidrográficas, la misma que se encuentra limitada en bases de datos pluviales y fluviales de diferentes años, debido a que no se tiene una buena red hidrometeorológica en Ecuador, por esta razón es imposible monitorear o consultar de forma remota ya que el Instituto de meteorología e hidrología (INAMHI) cuenta con un número escaso de estaciones convencionales y automáticas (Ayala, 2014).

Por ende, el objetivo de este trabajo es determinar los parámetros hidráulicos en las microcuencas de Alao y Cebadas ubicadas en la subcuenca del río Chambo de la provincia de Chimborazo, considerando las características físicas del entorno, además, el uso del suelo y la cobertura vegetal, para así dar valores cuantitativos y obtener así el cálculo de CN, además determinar la permeabilidad, conductividad hidráulica, la porosidad, la filtración del agua, y la geomorfología de las microcuencas, este tipo de estudios ayudan a la cuantificación de la oferta y demanda que tienen las microcuencas y por ende determinar el balance hídrico de las mismas en estudios posteriores de las microcuencas (Mendoza, 2021).

Problema

En la actualidad la contaminación de los recursos hídricos es uno de los más grandes desafíos para la humanidad, por lo que es importante evaluar la calidad de agua porque permiten la toma de acciones de control y mitigación con el fin de precautelar el recurso hídrico ya que es vital para los seres vivos (Béjar, 2018). Por eso es importante analizar las causas del deterioro de los recursos hídricos por los altos índices de contaminación, aumento de sedimentos, tasas elevadas de deforestación, acelerados procesos de erosión que afectan la calidad del agua.

Debido a la ausencia de estudios en las microcuencas de los ríos Alao y Cebadas, se pretende encontrar los parámetros hidráulicos a partir de cálculos teóricos y datos de precipitación de estaciones meteorológicas que se encuentren cerca de la zona de estudio. En la provincia de Chimborazo, en la subcuenca del río Chambo se localiza las microcuencas de los ríos Alao y Cebadas, las mismas que no tienen estudios hidrológicos que permitan conocer la precipitación-escorrentía y sus procesos erosivos, limitando conocer los parámetros hidráulicos, por lo cual no se puede tomar decisiones de prevención y mitigación por parte de las autoridades, quienes son los responsables de asegurar la calidad integral de este recurso (Mendoza, 2021).

El presente trabajo de titulación forma parte del proyecto de “Caracterización de la oferta y demanda Hídrica en el área de influencia del acuífero del Chambo”.

Justificación

El poder obtener datos actualizados de las cuencas hidrográficas ha sido un reto por las varias limitaciones que se encuentran a lo largo de investigaciones, como la limitada información que se encuentra en el país además de los datos longevos existentes.

Por eso se opta por realizar la relación precipitación-escorrentía mediante un modelamiento, el cual ayuda a generar predicciones a futuro de los cambios que podrían tener las cuencas hidrológicas (Aguilar & Paéz, 2015).

Además, en las microcuencas de los ríos Alao y Cebadas carece de una base de datos idónea, por tal motivo nació el interés de proporcionar información real, la cual será utilizada como base para futuras investigaciones relacionadas con los parámetros hidráulicos, la aplicación del Método del Número de Curva y modelamientos sobre oferta, demanda y balance hídrico dentro de la provincia de Chimborazo.

OBJETIVOS

General

- Determinar los parámetros hidráulicos en las Microcuencas de Alao y Cebadas de la provincia de Chimborazo.

Específicos

- Identificar los diferentes usos del suelo y cobertura vegetal en las microcuencas de los ríos Alao y Cebadas.
- Calcular el número de curva para las diferentes clases de uso de suelo y cobertura vegetal
- Modelar la relación de precipitación-escorrentía en las microcuencas de Alao y Cebadas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

Cuenca hidrográfica: una cuenca hidrográfica está definida topográficamente es un área la cual es drenada por un curso de agua o un sistema de agua, y que va a disponer de una salida sencilla para que el caudal efluente total sea descargado, estará formada por el río principal y ríos que estén asociados en el territorio entre el origen del río principal y su desembocadura (Vásconez, 2019).

División de aguas: es una línea imaginaria que limita las vertientes de agua continuas, se encuentra en el punto más alto de la montaña siendo un límite natural, el momento en que las precipitaciones se dirigen a distintas vertientes para llegar a su desembocadura (Vásconez, 2019).

Sistema de información geográfica: los SIG como es su abreviación, se definen como un conjunto de herramientas y datos que están diseñados para gestionar y analizar la información espacial y satisfacer diferentes propósitos; además tienen como objetivo desarrollar suficiente información válida para conocer las características de un territorio determinado (Bravo, 2017). Según (Pucha, y otros, 2017) un SIG está compuesto por hardware, software, datos y usuarios que permite administrar, capturar, almacenar y analizar información digital, para realizar gráficos, mapas, un SIG también se relaciona con un modelo informatizado de la realidad geográfica para satisfacer necesidades de información concretas como crear, compartir y aplicar información útil basada en datos geospaciales y en mapas.

Sistemas de teledetección: estos sistemas no ayudan a obtener imágenes de la superficie terrestre, teniendo como resultado imágenes de sensores o remotos instalados en plataformas satelitales o de aeronaves (Bravo, 2017).

Según (Bravo, 2017) la teledetección es la ciencia y tecnología mediante la cual se identifica los rasgos de ciertos objetos a estudiar, además de medir o analizar estos rasgos sin tener contacto directo.

De acuerdo con (Bravo, 2017) se necesita un sistema de teledetección que está compuesto por:

- Fuente de energía solar: esta se puede tratar de una fuente pasiva como es la luz del sol o una fuente activa cuando se trata de un sensor.
- Cubierta terrestre: son características naturales o producidas por el hombre como la vegetación, montañas o construcciones que ayuda a reflejar la señal hacia el sensor.

- Sistema sensor: compuesto por el sensor, cámaras, radar y la plataforma donde se encuentra que puede ser un globo, avión o un satélite, este sensor debe captar la energía que viene de la cubierta terrestre para así almacenarla o a su vez enviarla directamente al sistema de recepción.
- Sistema de recepción: este recibe toda la información del sensor para así almacenarla y luego se distribuye a los usuarios.
- Interprete: es quien transforma los datos en información forestal, geográfica, medio ambiental, militar, etc, por medio de procedimientos y técnicas visuales o digitales.
- Usuario: es quien se beneficia del resultado de la interpretación.

Porosidad del suelo: la porosidad del suelo establece en su gran mayoría los procesos de infiltración y escurrimiento del recurso hídrico que interviene en la erosión hídrica y el transporte de agua en el suelo (González, 2012).

Según (Hernández, 2015) la porosidad del suelo es buena cuando existe una distribución entre sus macros y microporos, suele definirse en volúmenes semejantes, de modo tal, que cada uno ocupe entre 45 % y un 55% de volumen de poros, que el valor total de porosidad del suelo.

La porosidad de una muestra es el porcentaje de su volumen que no se encuentra ocupado por fase sólida, es decir, el cociente entre el volumen de poros y el volumen total que el medio ocupa en el contenedor (Torres, 2015).

$$P \% = 100 * \frac{Vol\ de\ poros}{Vol\ total}$$

Para (Curso de Edafología , 2019) encontrar la porosidad total se determina a través de las densidades aparente y real con la siguiente ecuación:

$$PT\% = \left(1 - \frac{Da}{Dr}\right) * 100$$

Siendo Da: densidad aparente, Dr: densidad real y PT%: porosidad total en porcentaje.

Según (Baldoceña, Maldonado, & Alcántara, 2021) para determinar la clasificación de la porosidad se basa en la tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de la porosidad total del suelo

Calificación	Porosidad total %
Excesiva	> 70
Excelente	55 – 70
Satisfactoria	50 – 55

Baja	40 – 60
Muy baja	< 40

(Baldoceca, Maldonado, & Alcántara, 2021)

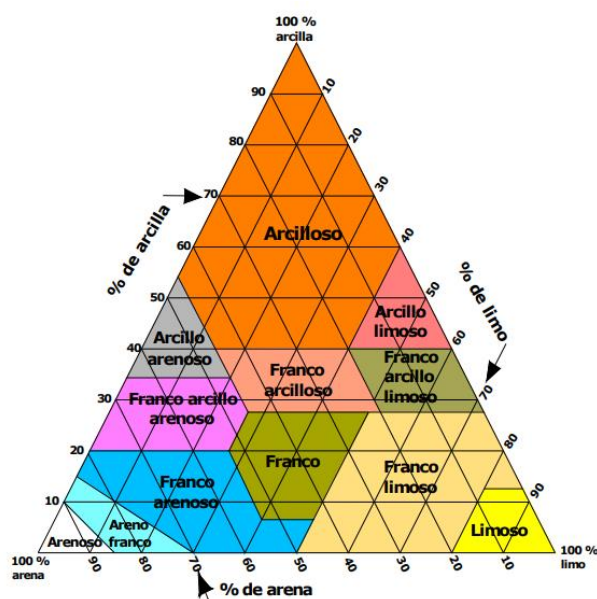
Coefficiente de permeabilidad: la permeabilidad es la capacidad que tiene una roca para conceder el paso de un fluido y la estimación de su coeficiente puede obtenerse a partir de su medición in situ y en laboratorio, una técnica usual para obtener el coeficiente de permeabilidad de suelos finos (arenas finas, limos y arcillas) es la prueba de carga variable (Camacho, 2020).

Uso y cobertura del suelo: la cobertura edáfica y las transformaciones del uso del suelo se deben a las actividades socioeconómicas las cuales nos llevan a cambios en aspectos biofísicos y en factores ambientales, a causa de las actividades humanas que tienen un impacto inmenso sobre la diversidad biótica en el planeta, en el clima global y local, la calidad del suelo, la hidrología, los ciclos biogeoquímicos, la degradación del suelo, la seguridad alimentaria y el bienestar humano, por ende, es necesario evidenciar las alteraciones de cobertura del suelo y usos de la tierra para comprender cuáles son sus fuerzas conductoras, sus consecuencias en los cambios ambientales globales, el crecimiento acelerado de la población y el incremento de las demandas hacia la sustentabilidad del ambiente (Escandón, Ordóñez, Nieto, & Ordóñez, 2018).

Textura del suelo: es una de las propiedades permanentes del suelo que se trata de la expresión porcentual de las fracciones granulométricas arena, limo y arcilla, la mezcla de estas tres fracciones nos establece la clase textural (Pellegrini, 2019). Las clases texturales son grupos en el que las propiedades dependientes de la textura muestran un comportamiento homogéneo, sin embargo, se sufre cambios por actividad humana, erosión hídrica o erosión eólica, además hay algunas características del suelo que dependen de la textura como la permeabilidad, la capacidad de intercambio de iones, la consistencia, infiltración, distribución de poros, la retención hídrica, y estructura (Pellegrini, 2019).

Según (Pellegrini, 2019) las clases texturales dentro del sistema del USDA son 12 y se disponen en un triángulo de textura.

Figura 1. Clases texturales, sistema USSDA



Fuente: (Pellegrini, 2019)

Para poner en práctica los suelos se catalogan en familia de texturas que se designan pesados (textura fina), medios (texturas intermedias) y livianos (textura gruesa), las doce clases texturales de acuerdo con la clasificación americana, como así también el porcentaje medio de los contenidos de las fracciones arena, limo y arcilla (Pellegrini, 2019).

Tabla 2. Tipos de suelos y texturas de acuerdo con la clasificación americana

Tipo de suelo	Textura	Relación arena-limo-arcilla %	Símbolo
Livianos	Arenoso	90 – 5 – 5	A
	Arenoso franco	80 – 15 – 5	aF
Medios	Franco arenoso	65 – 25 – 10	Fa
	Franco	40 – 40 – 20	F
	Franco limoso	20 – 65 – 15	FL
	Franco arcilloso arenoso	35 – 35 – 30	FAa
	Franco arcilloso	35 – 30 – 35	FA
Pesados	Franco arcillo limoso	10 – 35 – 55	FAL
	Limoso	10 – 85 – 5	L
	Arcillo arenoso	55 – 5 – 40	Aa
	Arcillo limoso	5 – 50 – 45	AL
	Arcilloso	10 – 20 – 60	A

Fuente: (Ciancaglini, 2000)

Materia Orgánica: la MO es el indicador más usado en la evaluación de cambios en la calidad de los suelos influenciados por distintas prácticas de manejo, la materia orgánica está conformada por compuestos de complejidad ya que se encuentran en un continuo estado de transformación, es un componente significativo de la biosfera emparentado a funciones ecológicas esenciales, como el suministro de nutrientes para cultivos, el mantenimiento de la calidad del agua, el acopio de carbono y la mitigación de las emisiones de gases efecto invernadero. Evidentemente la MO resulta de vital importancia para delimitar la calidad del suelo (Quiroga, Studdert, & Galantini, 2017).

Método número de curva: el número de curva (CN) es un parámetro hidrológico que permite calcular la precipitación efectiva producida en una tormenta en una cuenca hidrográfica determinado donde el potencial de escorrentía se determina a partir de algunas características físicas del territorio como el tipo, la densidad y el tratamiento de las coberturas, así como por el grupo hidrológico de suelo (Díaz, 2017).

Cálculo del número de curva (CN): el número de curva (CN) es un método para calcular la precipitación efectiva producida por una tormenta donde relaciona con el potencial máximo de retención a través de los siguientes grupos hidrológicos del suelo y coberturas que tiene el suelo (Espinales, 2021). El número de curva va a depender de ciertas propiedades como es el tipo de suelo hidrológico, uso de suelo, condiciones de la superficie del terreno y las condiciones de humedad del suelo (Rac, 2020).

Tabla 3: Número de curva en función del uso del suelo y grupo hidrológico

Clases	Condiciones				
	hidrológicas para las infiltraciones	A	B	C	D
Barbecho	-	77	86	91	94
Cultivos alienados	Pobres	72	81	88	91
	Buenas	67	78	85	89
Cultivos no alienados o con surcos pequeños o mal definidos	Pobres	65	76	84	88
	Buenas	63	75	83	87
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternativa	Pobres	66	77	84	88
	Buenas	58	72	81	85
Pastizales (pastos naturales)	Pobres	68	79	86	89

	Regulares	49	69	79	84
	Buenas	39	61	74	80
	Pobres	30	58	71	78
Prados permanentes montes con pasto	Regulares	45	66	77	83
	Buenas	36	60	73	79
	Muy pobres	56	75	86	91
	Pobres	46	68	78	84
Bosques (forestales)	Regulares	36	60	70	76
	Buenas	26	52	63	69
	Muy buenas	16	44	54	61
Caseríos	-	59	74	82	86
Caminos de tierra	-	72	82	87	89
Caminos en firme	-	74	84	90	92
Pavimentos con cunetas	-	98	98	98	98
Distritos industriales	-	81	88	91	93
Áreas comerciales	-	89	92	94	95
	Pobres	72	81	88	91
Cultivos surcos rectos	Buenas	67	78	85	89
	Pobres	70	79	84	88
Cultivos-curvas de nivel	Buenas	65	75	82	86
	Pobres	65	76	84	88
Pequeños surcos rectos	Buenas	63	75	83	87
	Pobres	63	74	82	85
Pequeños granos curvas de nivel	Buenas	61	73	81	84
	Pobres	66	77	85	89
Sembríos cerrados surcos rectos	Buenas	58	72	81	85
	Pobres	64	75	83	85
Sembríos cerrados curvas de nivel	Buenas	55	69	78	83

Fuente: (Rac, 2020)

Clasificación de coberturas: Según (Espinales, 2021), los grupos hidrológicos se pueden clasificar en las diferentes categorías y son:

- Grupo A: son aquellos suelos en los cuales su composición predominan las partículas arenosas, lo que permite que el agua se percole fácilmente y deriva en un bajo nivel de escorrentía cuando se encuentran húmedos.

- Grupo B: en este grupo entran los suelos cuyas partículas son entre moderadamente gruesas a finas, por lo que tienen un potencial moderadamente bajo cuando el suelo se encuentra saturado.
- Grupo C: son suelos que tienen un potencial de escorrentía alto cuando se encuentran saturados. Estos suelos en los que en su composición predominan partículas moderadamente finas a finas.
- Grupo D: aquellos suelos cuyas partículas son mayoritariamente finas (texturas arcillosas), donde el nivel freático es alto o son suelo poco profundos en donde la tasa de infiltración es baja y la mayoría están asentados sobre material impermeable,

Potencial máximo de retención: toma cualquier valor entre cero e infinito y se necesita el uso de varias cifras decimales para tener algún tipo de precisión, motivo por el cual se solventó utilizar un parámetro más conveniente que toma valores enteros y solo varía entre 0 y 100, al que llamaron número de curva, este parámetro se relaciona con el potencial máximo de retención a través de la siguiente expresión (Díaz, 2017),

$$S = \frac{25400}{CN} + 254$$

Donde S es el potencial máximo de retención y se usa en milímetros,

Capacidad de infiltración: la capacidad de infiltración es el proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo, además la capacidad de infiltración del agua influye en la textura y estructura del suelo, los tipos de vegetación, el contenido de agua del suelo, la temperatura del suelo y la intensidad de precipitación (Úbeda, 2018).

Según (Ruiz & Martínez, 2015) se debe diferenciar entre la tasa de infiltración que es solo el flujo de agua que ingresa al suelo y la capacidad de infiltración la cual representa a la tasa de infiltración y se define como el máximo nivel de agua que es capaz de absorber el suelo y se expresa en mm/hora.

Método para determinar la infiltración: los métodos más comunes para calcular la capacidad de infiltración es el análisis del hidrograma y por medio de los estudios de infitrómetros (Ruiz & Martínez, 2015).

Los infitrómetros se basan de un tubo que está diseñado para separar una sección del suelo empleándolo para medidas locales, de tal manera que los datos arrojados se aplican para cuencas pequeñas y homogéneas (Ruiz & Martínez, 2015),

ArcGIS: es un equipo de herramientas que permiten la visualización y manejo de la información geográfica, y que cuenta con una arquitectura extensible mediante la que pueden añadirse nuevas funcionalidades, conocidas como extensiones Spatial Analyst (análisis

ráster), 3DAnalyst (análisis 3D y de relieve) o Geostatistical Analyst (geoestadística) (Pucha, y otros, 2017).

ArcGIS alberga un conjunto de aplicaciones para resolver problemas geográficos del mundo por medio de una serie de operaciones espaciales, es la aplicación central que nos deja ejecutar las tareas tradicionales y de análisis moderno, así como revelar los resultados por medio de interesantes mapas impresos o digitales (Pucha, y otros, 2017).

HEC-HMS: la modelación en el programa HEC-HMS permite simular un hidrograma de escorrentía de salida de una cuenca o subcuencas, a partir de datos obtenidos de condiciones extremas de lluvia para determinados intervalos de tiempo, con la finalidad de conocer la precipitación de años futuros, disponibilidad de agua, y operación de sistemas (Villón, 2015). Este programa tiene la finalidad de simular procesos de conversión de la precipitación que se obtiene a través de datos de estaciones meteorológicas y transformar a escorrentía, esto se realiza con la ayuda de los polígonos de Thiessen obtenidos previamente en GIS para la zona de estudio (Pascual , 2016).

CAPÍTULO III, METODOLOGIA,

Tipo de Investigación

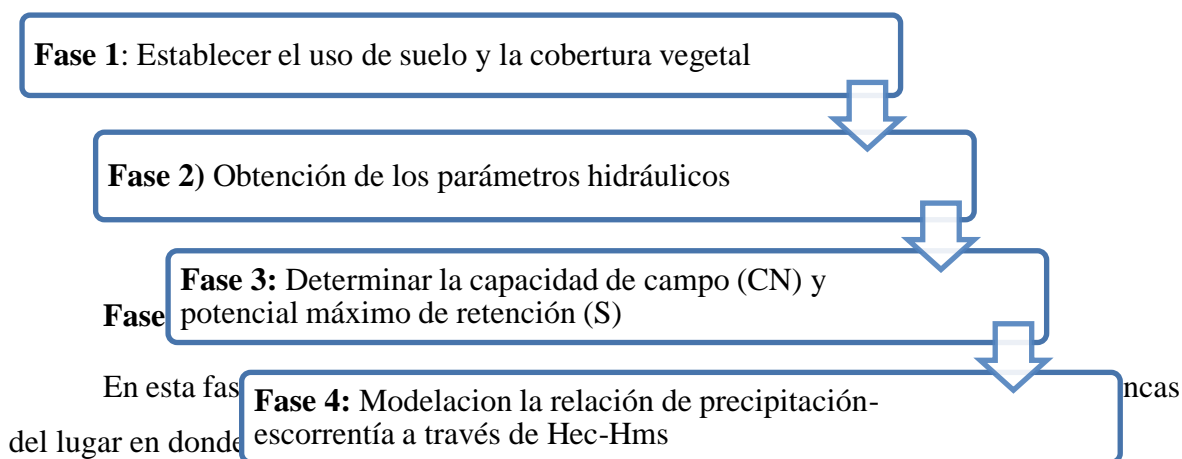
La presente tesis es de carácter aplicativo porque busca aplicar los conocimientos adquiridos, a través de la investigación y la practica donde se encuentran los resultados inmediatos, los mismos que fueron realizados en el laboratorio de Servicios Ambientales de la Universidad nacional de Chimborazo. Los datos se obtienen a través de la experimentación y comparación de variables constantes con el fin de determinar las causas y los efectos de los fenómenos que pueden ocurrir en cualquiera de las microcuencas analizadas.

Diseño de Investigación

El diseño de la presente investigación tiene es de carácter experimental porque se establece una relación de causa y efecto que pueden tener los eventos naturales que ocurren en el día a día y su impacto sobre otras variables (Ramos, 2021).

Técnicas de recolección de datos

El levantamiento de información base se realizó a través de fuentes primaria y secundaria, para conocer la magnitud y alcance que se puede lograr. Una vez ya establecido los puntos necesarios se realizó la observación directa dentro de las microcuencas de estudio. Por lo cual se ha desarrollado en 3 fases principales con sus respectivos donde se explicará el proceso experimental del estudio de campo (in-situ) para la obtención de muestras y las actividades a realizarse en laboratorio (ex-situ), las cuales son:



Área de estudio

Las dos microcuencas estudios se encuentran al noreste de la provincia de Chimborazo, la microcuenca de cebadas se encuentra dentro del cantón Guamote, específicamente en la parroquia de Cebadas y la microcuenca de Alao se encuentra dentro

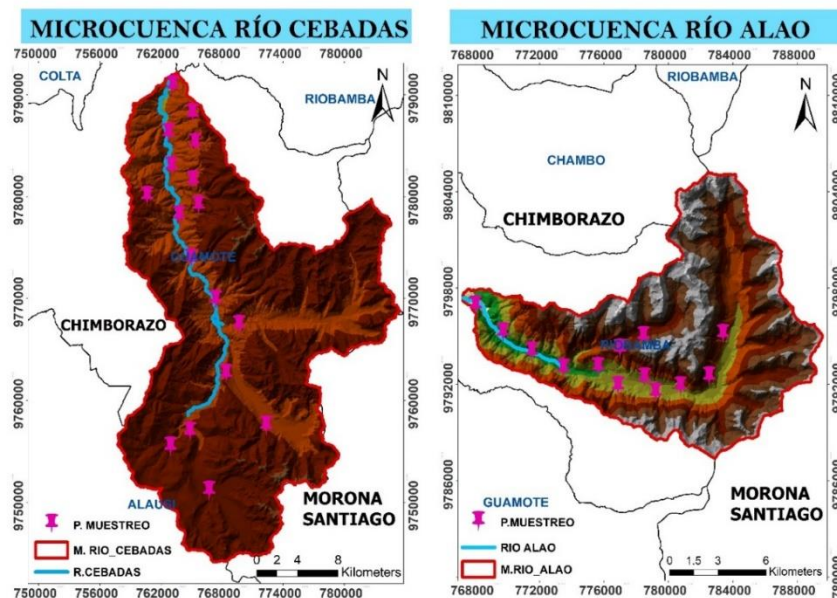
donde se cubra todos los tipos de suelo y cobertura vegetal en el área de las microcuencas. Posterior se realizó una clasificación no supervisada a través de las imágenes satelitales actualizadas para determinar la capa geológica y elevación donde se identificaron, para evaluar si es accesible o no tomar el punto de muestreo, por lo que se tomaron las siguientes recomendaciones para la toma de puntos:

- Evitar zonas con elevada pendiente y poca accesibilidad.
- Evitar zonas que estén cercanas a un asentamiento de personas o una población.
- Zonas con un alto grado hídrico donde no se pueda realizar pruebas de infiltración.
- Evitar realizar muestreos cuando se tuvo eventos de precipitación.
- Evitar zonas impermeables como zona urbana, nieve y hielo y afloramientos rocosos.

De esta forma para la microcuenca de río Cebadas se tomaron un total de 17 puntos, en los cuales se tomaron 4 muestras con un estrato diferente para realizar las pruebas ex-situ, siendo un total de 68 muestras que fueron analizadas en el laboratorio.

Para la microcuenca de río Alao se tomaron un total de 13 puntos, en los cuales se tomaron 4 muestras con un estrato diferente para realizar las pruebas ex-situ, siendo un total de 56 muestras que fueron analizadas en el laboratorio.

Figura 3. Mapa de ubicación de los puntos de muestreo



Fase 2) Obtención de los parámetros hidráulicos

Para realizar esta fase se realizará actividades de campo (in situ) y de laboratorio (ex situ), donde se determina la capacidad de infiltración y se hace la caracterización del suelo como la permeabilidad, textura, porosidad y materia orgánica.

Análisis *in situ*

En los diferentes puntos de muestreo que se van a establecer con la ayuda de las imágenes satelitales, se realizarán pruebas de infiltración con la ayuda de un infitrómetro de doble anillo. Se recolectó un total de cuatro muestras por cada punto de muestreo según las diferentes categorías de suelo que se tengan en una excavación cada 0,40 m hasta los 1,60 m de profundidad con la ayuda del barreno.

Análisis *ex situ*

Una vez ya obtenida las muestras se realizarán las pruebas de permeabilidad, textura, porosidad y materia orgánica en el laboratorio de Servicios Ambientales en la Universidad Nacional de Chimborazo.

- La **permeabilidad** o conductividad hidráulica (k) será calculada con la ayuda del permeámetro en el cual, en el que mide los valores de h , obtenidos para los diferentes lapsos de tiempo al iniciarse el ensayo, donde se calcula el coeficiente de permeabilidad del suelo k mediante la ley de Darcy (Mendoza, 2021), mediante las siguientes ecuaciones:

$$Q = \frac{H_3 - H_4}{L} * A * k \quad (1)$$

$$k = \frac{Q * L}{(H_3 - H_4) * A} \quad (2)$$

Donde:

Q = flujo (m/s^3); L = Longitud de la muestra (m); k = Coeficiente de permeabilidad de Darcy, variable en función de la muestra (m/s); A = Superficie de la muestra (m^2); H_3 = Altura, por encima del nivel del agua en el tubo de referencia colocado a la entrada de la capa filtrante; H_4 = Altura, por encima del nivel de referencia que alcanza el agua en un tubo colocado a la salida de la capa filtrante.

- La **textura** del suelo se determinará de acuerdo con el triángulo de clases texturales del USDA sugerido por la FAO, aplicando el método organoléptico que depende del su uso y cobertura vegetal para definir la granulometría (Mendoza, 2021),
- La **porosidad** se basa mediante un método bibliográfico donde relaciona la densidad real y aparente del suelo donde se obtiene a través de la diferencia de pesos, tomando

en cuenta el volumen del material húmedo y seco en cada una de las muestras (Mendoza, 2021) se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$P[\%] = \left(1 - \frac{Da[\frac{g}{cm^3}]}{Dr[\frac{g}{cm^3}]} \right) * 100 \quad (3)$$

Donde:

P=La porosidad total del suelo; Da= La densidad aparente del suelo; Dr= Densidad real de las partículas.

- La **materia orgánica** (SOM) se determinará por calcinación de las muestras y posteriormente calcular la pérdida de peso, que corresponde al porcentaje de compuestos orgánicos presentes en cada una de las muestras, las muestras se someterán por un tiempo de 2 horas a 105°C; luego se elevará la temperatura a 550°C durante 2 horas en una mufla y se enfriarán por 2 horas en el interior de esta, las muestras se devuelven al horno a 105°C durante 30 minutos y finalmente se deja enfriar en el desecador, todo este proceso se realiza para estabilizar la temperatura y eliminar la humedad presente en la muestra (Mendoza, 2021) y se puede calcular a través de la siguiente ecuación:

$$SOM = \left[\frac{(Peso \text{ a } 105^{\circ}C) - (Peso \text{ de calcinación a } 550^{\circ}C)}{Peso \text{ a } 105^{\circ}C} \right] * 100 \quad (4)$$

Fase 3) Determinar la capacidad de campo (CN) y (S)

En esta fase se calcula el número de curva (CN) y el potencial máximo de retención (S), se lo realizó con los datos obtenidos en la fase 2 de los parámetros hidráulicos de las microcuencas.

Cálculo y asignación de número de curva (CN)

Los valores de CN se determinarán a través del método de NRCS, que es una técnica que ayuda a conocer la infiltración dependiendo de las propiedades de escorrentía del terreno y el procedimiento considera el grupo hidrológico del suelo (HGS), la condición de humedad previa, el uso del suelo y el tratamiento de la cuenca hidrográfica (Díaz, 2017) y se puede calcular a partir de la siguiente ecuación:

$$CN = \frac{25400}{254+S} \quad (5)$$

Capacidad de campo o potencial máximo de retención (S)

Previo el cálculo de los valores de CN se determinará los valores de la capacidad de campo o potencial máximo de retención (S), que es la cantidad de agua que contiene el suelo saturado después del lapso de 48 horas de drenaje (Díaz, 2017). Relacionando así la relación

del suelo y las condiciones de cobertura dentro de las microcuencas a través de los valores de CN y se puede aplicar la siguiente ecuación:

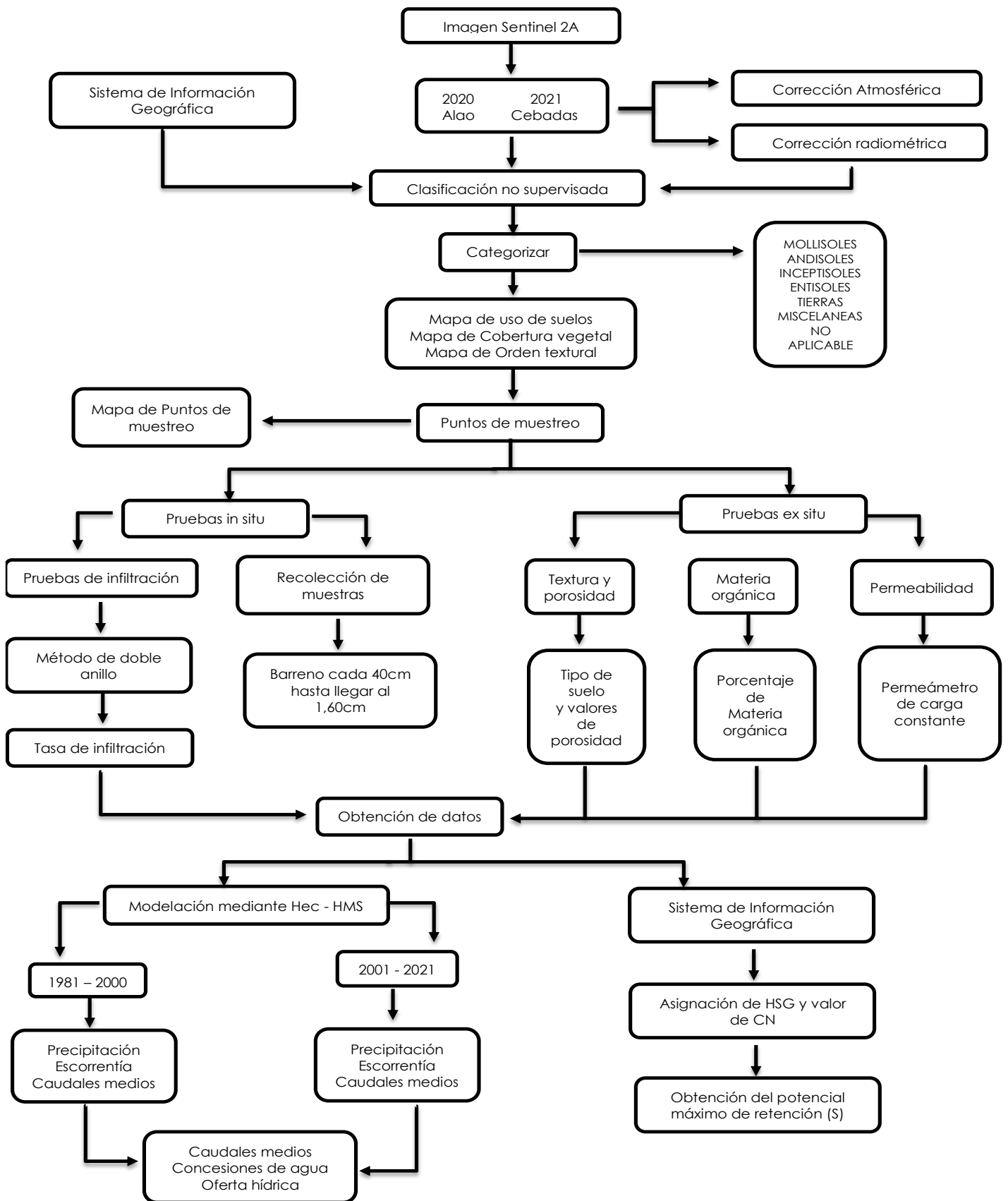
$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (6)$$

Fase 4) Modelación la relación de precipitación-escorrentía a través de Hec-Hms

Modelación para obtener la relación de precipitación - escorrentía

Finalmente se realizará el modelamiento con la ayuda de ArcGIS y el programa HEC-HMS donde permitirá analizar y simular procesos de conversión de la precipitación que se obtiene a través de los datos de las estaciones meteorológicas seleccionadas para la zona de estudio y transformar la precipitación a escorrentía (Espinales, 2021). El modelado comienza con los cálculos previos de los valores iniciales del número de curva y almacenamiento máximo de la microcuenca, como datos iniciales para que modele el programa HEC-HMS. Así se obtendrá los caudales promedios que se obtienen en la microcuenca de estudio respecto a la precipitación y las pérdidas que se den en la misma (Duque, 2019).

Figura 4. Flujograma de actividades



CAPÍTULO IV, RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Clasificación de Uso y cobertura vegetal del suelo en las Microcuencas de Alao y Cebadas

La M.R.A se encuentra al Nor-Oeste de la provincia de Chimborazo, en la parroquia Pungalá del cantón Riobamba, la cual pertenece a la subcuenca del río Chambo y cuenca del Pastaza con una extensión total de 186,61 km², además las dos microcuencas se encuentran colindantes con la provincia de Morona Santiago, por lo que existen con mayor frecuencia los fenómenos hidrológicos (eventos de precipitación) y se mantenga con características de paramo que es la predomina en la zona.

En el procesamiento de los datos se identificaron los usos más importantes que se da en la microcuenca son: Paramo (Pa), Pasto cultivado (Pc), Bosque (Bq), Cultivo (C), Humedales (Hu), Zonas Urbanas (Zu), Fuentes de Agua (Fa), Zona erosionada (Ze) y Nieve-Hielo, la cual se puede encontrar solo en la zona alta de la microcuenca de Alao en el Parque Nacional Sangay (Volcán Sangay). Una vez clasificado los datos se determinó que en la microcuenca del río Alao, tiene mayor área la categoría páramo, con un 68,07% del área total, seguido de pasto cultivado con un 14,51% y cultivo con 5,65% que son las más representativas.

En la microcuenca del río Cebadas, tiene un área mayor de 711,11 km² en comparación de la extensión total de la M.R.A. y se tiene que los principales usos que mayor predomina en la microcuenca es Páramo con 61,04%, seguido de 10,82% de pasto cultivado, zona erosionada 12,36%, humedales 9,42% y cultivo con 5,07%, por lo cual se puede corroborar que en la microcuenca de Cebadas se tiene mayor área de suelos erosionados e intervención antrópicas por lo que los suelos tienden a degradarse.

Tabla 4. Áreas por cada tipo de Cobertura y Uso de Suelo de las Microcuencas

Ítem	COBERTURA VEGETAL	ÁREA	%	ÁREA	%
		(km ²) CEBADAS		(km ²) ALAO	
1	PÁRAMO	484,08	68,07	113,91	61,04
2	PASTO CULTIVADO	103,22	14,51	20,19	10,82

3	BOSQUE	22,90	3,22	1,25	0,67
4	CULTIVO	40,17	5,65	9,47	5,07
5	HUMEDALES	31,47	4,43	17,58	9,42
6	ZONA URBANA	0,35	0,05	0,31	0,16
7	FUENTE DE AGUA	13,77	1,94	0,74	0,40
8	ZONA EROSIONADA	3,65	0,51	23,06	12,36
9	NIEVE Y HIELO	0,11	0,06	-	-
TOTAL		711,11	99,38	186,61	100,00

Elaborado por: Los Autores

Clasificación de la taxonomía de las microcuencas de Alao y Cebadas

En el procesamiento de los datos se identificaron los tipos de suelos más comunes dentro de las dos microcuencas son: Molisoles, Andisoles, Inceptisoles, Entisoles, Tierras misceláneas y afloramientos rocosos que también son representativos debido a que las dos microcuencas son colindantes con la provincia de Morona Santiago y se encuentran con alturas promedios de 3800 m.s.n.m lo que impide que la vegetación se desarrolle normalmente y se tenga afloramientos rocosos y en situaciones anómalas se tenga presencia de nieve y Hielo en las zonas altas.

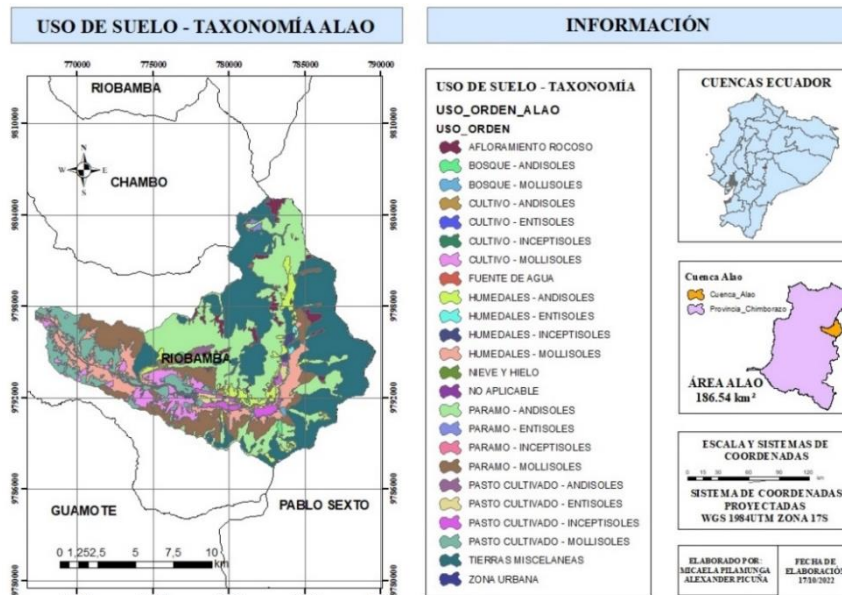
Tabla 5. Áreas por cada tipo textural de las Microcuencas

Ítem	ORDEN TEXTURAL	ÁREA	%	ÁREA	%
		(km ²) CEBADAS		(km ²) ALAO	
1	MOLISOLES	113,23	15,92	56,44	30,24
2	ANDISOLES	463,82	65,23	61,49	32,95
3	INCEPTISOLES	27,87	3,92	3,45	1,85
4	ENTISOLES	55,10	7,75	3,15	1,69
5	TIERRAS MISCELANEAS	36,32	5,11	61,03	32,71
6	AFLORAMIENTOS ROCOSOS	14,76	2,08	1,04	0,56
TOTAL		711,11	100	186,61	100

Elaborado por: Los Autores

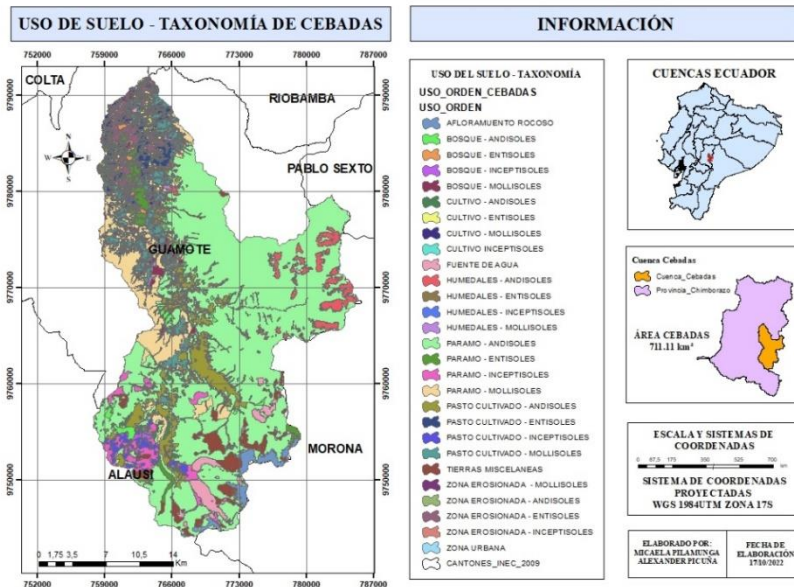
Una vez clasificado los datos se determinó que en la M.R.A, tienen una mayor área la categoría andisoles con un 32,95% del área total, seguido de la categoría de tierras misceláneas con un 32,71% y molisoles con 30,24% que son las más representativas.

Figura 5. Mapa de Cobertura y Orden textural de la M.R.A



En la M.R.C, se tiene una mayor área la categoría andisoles con un 65,23% del área total, seguido de la categoría de molisoles con un 15,92% y tierras misceláneas con 5,11% que son las más representativas en la zona de estudio (figura5).

Figura 6. Mapa de Cobertura y Orden textural de la M.R.C



Parámetros hidráulicos de la Microcuenca del Río Alao

Análisis de textura M.R.A

El análisis de la textura media de la microcuenca del río Alao, se determinó un ensayo rápido que nos permite conocer el contenido relativo de las diferentes partículas y tamaños por las que está conformado el suelo como son la arena limo y arcilla, los mismos que por su estructura pueden retener diferentes cantidades de agua, aire y permiten que el agua pueda infiltrarse con mayor o menor velocidad. Para ellos se asignaron valores numéricos con un rango del 1 a 12, los mismos que ayudan a definir la granulometría del suelo siendo de (1-5) granulometría fina como la arcilla, del (6 a 9) granulometría media como suelos francos, limosos y finalmente del (10 a 12) que representa una granulometría gruesa como arena o arenas de río (Mendoza, 2021) (Anexo 2).

De esta manera la tabla 6 representa los diferentes tipos de textura que se encuentra en la M.R.A, según el tipo de suelo, cobertura vegetal y las diferentes actividades que se practican en la microcuenca, dando como resultado que los bosques cuentan con el valor más alto de 11 catalogado como arenoso franco, debido a que presentan una gran cantidad de raíces y residuos orgánicos, los mismo que ocasionan que en el suelo se mezclen y se endurezcan. Los cultivos, humedales y páramos comparten una textura media de 2, dado que

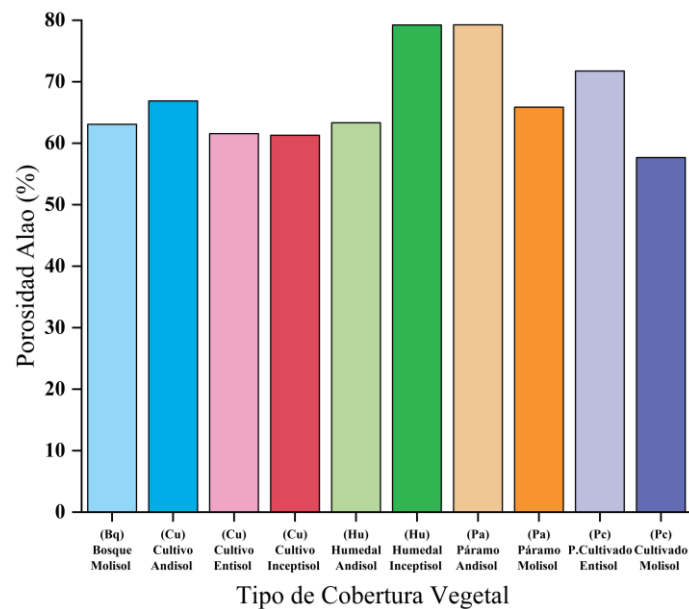
en la mayor parte de la microcuenca su suelo tiene una textura arcillo limosa que beneficia a las actividades agropecuarias que se realizan en la zona de estudio, el pasto cultivado presenta una textura media de 9 con un suelo franco y por último la vegetación arbustiva con un valor de 3 con un suelo franco limoso que se encuentra generalmente en las zonas de amortiguamiento para el volcán Sangay, donde no se evidencia rastros de actividades antrópicas por lo que el suelo se conserva.

Tabla 6. Valoración numérica para las clases texturales de la M.R.A

Clase	Textura	Textura Media
Bosque	Arenoso franco	11
Cultivos	Arcillo limoso	2
Humedales	Arcillo limoso	2
Páramo	Arcillo limoso	2
Pasto cultivado	Franco	9
Vegetación Arbustiva	Franco limoso	3

Cálculo de Porosidad M.R.A

Figura 7. Porcentaje de Porosidad según la cobertura vegetal de la M.R.A



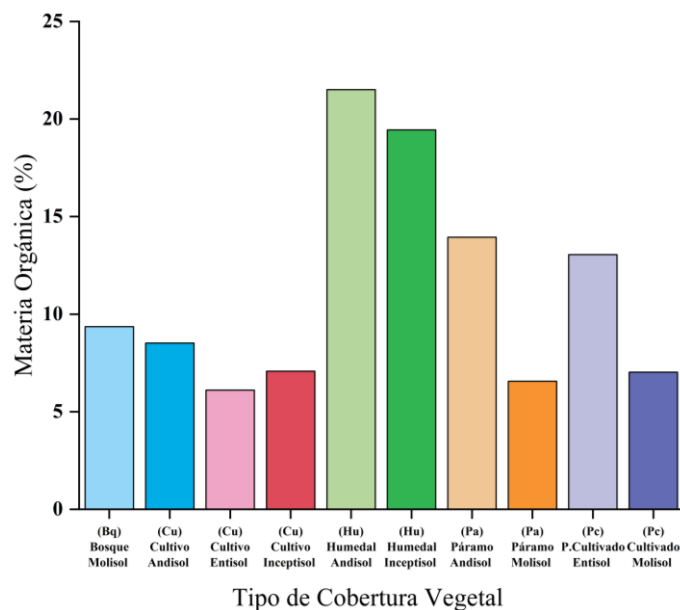
En el (figura 6), se muestra las variaciones de porosidad de la M.R.A según la cobertura vegetal de la zona, como se puede apreciar los valores varían desde 58 a 80%. Los páramos andisol y los humedales inceptisoles son los que cuentan con el mayor porcentaje de porosidad con un valor de 80% y mayor cantidad de poros en suelo, mientras que los

demás se encuentran en un rango entre 58% y 70% como son los cultivos, pastos cultivado y bosques, por lo que en la mayor parte de la microcuenca se tiene una porosidad similar, debido a que no existe alternaciones considerables en el uso de suelo y se retiene mayor cantidad de agua por lo que los suelos en general son pesados y contribuyen a la captación, almacenamiento y transporte del agua en la microcuenca.

Cálculo de Materia Orgánica M.R.A

En la figura 7, se puede apreciar que en la M.R.A se tiene los valores más altos de materia orgánica en los humedales y paramos entre un 15 y 23%, los cuales se encuentran generalmente en la parte alta de la microcuenca, se tiene estos valores debido a que en estas zonas aún no existen actividades antrópicas significantes y se conserva aún las características propias de los páramos. Por otro lado, en las partes bajas de la microcuenca se tienen un valor promedio entre 7 y 10% de materia orgánica por lo que en toda la M.R.A se tiene un valor deseable y superior al 5% lo que beneficia a los procesos edáficos y se tiene un efecto positivo en las actividades de agricultura.

Figura 8. Porcentaje de Materia Orgánica según la cobertura vegetal de la M.R.A

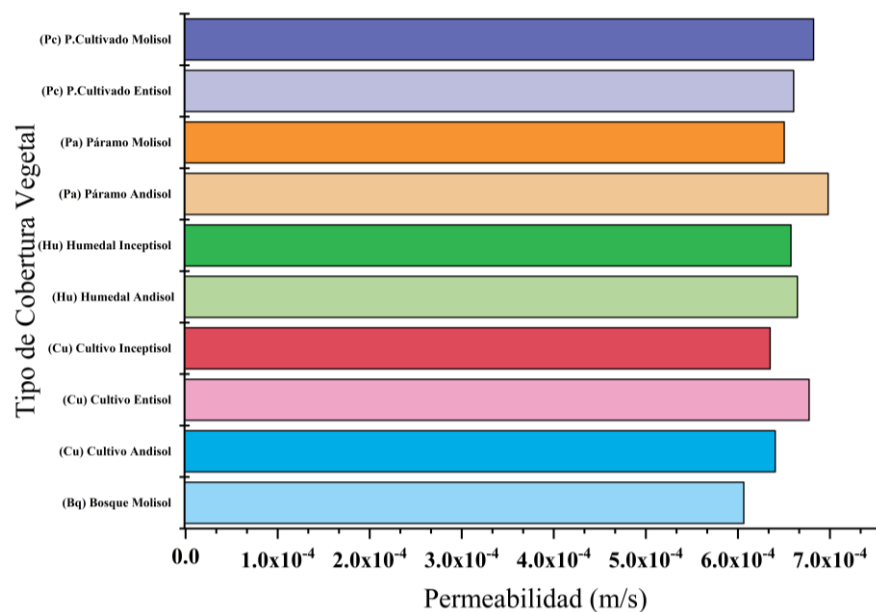


Cálculo de Permeabilidad M.R.A

La permeabilidad mide la continuidad del espacio poroso y sus afectaciones frente a la presencia de capas endurecidas, cambios texturales, presencia de materia orgánica, actividad microbiológica y actividades agrícolas que pueden afectar al suelo (Rivas , 2022).

En la figura 8, se muestran los valores promedios de permeabilidad en la M.R.A, de los diferentes tipos de cobertura vegetal dando un valor máximo de permeabilidad en el suelo en los páramos andisol con un valor de $6,98 \times 10^{-4}$ m/s, seguido de pasto cultivado molisol con un valor de $6,82 \times 10^{-4}$ m/s y en cultivos molisol con valor de $6,73 \times 10^{-4}$ m/s. Por último, tenemos a los bosques con el valor más bajo de permeabilidad $6,06 \times 10^{-4}$ m/s, debido a que por su enraizamiento impide que se infiltre el agua con facilidad en la zona. En general los valores de permeabilidad dentro de la M.R.A son homogéneos y no existe variaciones significativas, por lo que el agua se infiltra en el suelo y no se convierte fácilmente en escorrentía.

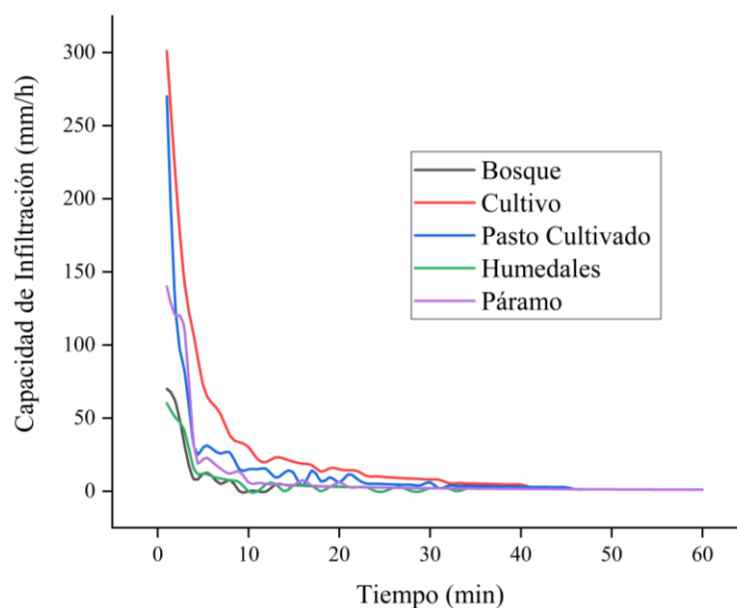
Figura 9. Permeabilidad según la cobertura vegetal de la M.R.A



Cálculo de Infiltración M.R.A

La capacidad de infiltración de la microcuenca de Alao, se determinó in situ mediante la ayuda del equipo infitrómetro, el cual ayudo a determinar el tiempo promedio en la M.R.A fue alrededor de una hora, esto se da gracias a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones. El tiempo promedio en saturarse el suelo fue de 10 a 30 minutos, esto gracias a las condiciones del terreno en donde se realizó los puntos de muestreo y gracias a su posición geográfica la cual ayuda a mantener la humedad.

Figura 10. Infiltración según la cobertura vegetal de la M.R.A



Se observa en la figura 9 que la curva de infiltración máxima en la M.R.A varía en un tiempo de entre 0 y 40 minutos para que se llegue a saturar, siendo el valor más alto de 300 mm/h en los cultivos, así también, la capacidad mínima de infiltración se observó en los humedales, páramos y bosques debido que a los 10 minutos se tiene un valor promedio de 1,03 mm/h y que se mantienen constantes, debido a que el suelo ya se encuentra húmedo y saturado.

Parámetros hidráulicos de la Microcuenca del Río Cebadas

Análisis de textura de la M.R.C

En la M.R.C, según el tipo de suelo, cobertura vegetal y las diferentes actividades que se practican en la microcuenca, dan como resultado que la zona urbana y los bosques cuentan con el valor más alto de 11 catalogado como arenoso franco, debido a que presentan una gran cantidad de raíces y residuos orgánicos, los mismo que ocasionan que en el suelo se mezclen y se endurezcan. Los cultivos, páramos y pastos cultivados comparten una textura media de 2, dado que en la mayor parte de la microcuenca su suelo tiene una textura arcillo limosa que beneficia a las actividades agropecuarias que se realizan en la zona de estudio, La vegetación arbustiva presenta una textura media de 8 con un suelo franco limosos y por último la zona erosionada con un valor de 12 y un suelo de tipo arena que se encuentra generalmente en las zonas límite con palmira y Guamote donde las características del suelo están degradadas y limita que se realicen actividades de producción.

Tabla 7. Valoración numérica para las clases texturales de la M.R.C

Clase	Textura	Textura Media
-------	---------	---------------

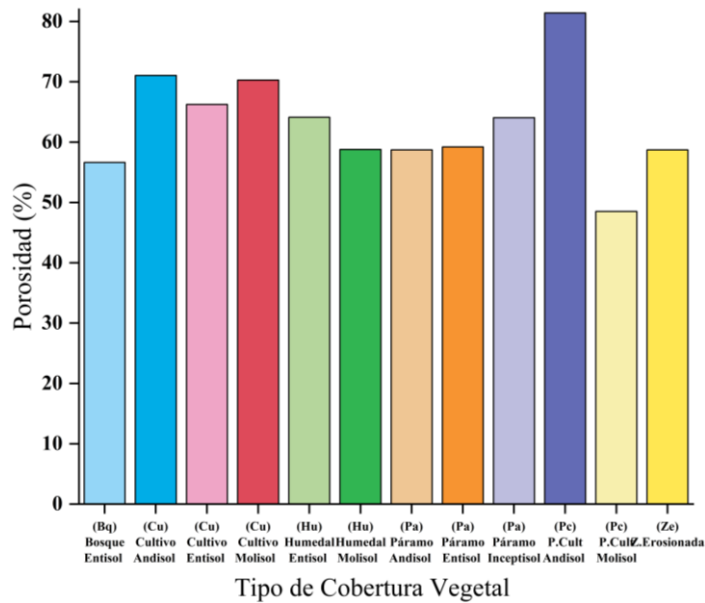
Bosque	Arenoso franco	11
Cultivos	Arcillo limoso	2
Humedales	Franco arenoso	10
Páramo	Arcillo limoso	2
Pasto cultivado	Arcillo limoso	2
Vegetación Arbustiva	Franco limoso	8
Zona Erosionada	Arena	12
Zona Urbana	Arenoso Franco	11

Cálculo de Porosidad M.R.C

En el (figura 10), se muestra las variaciones de porosidad de la M.R.C según la cobertura vegetal de la zona, como se puede apreciar los valores varían desde 50 a 80%. Los pastos cultivados andisol son los únicos que cuentan con el mayor porcentaje de porosidad con un valor de 80%, mientras que los mismos pastos cultivados de orden textural molisol tienen el menor porcentaje de poros con un 48%, lo que nos indica que tiene una gran importancia el tipo de suelo donde se va a realizar alguna actividad de agrícola, ya que no se pueden esperar los mismos resultados con el mismo uso de suelo, pero diferente tipo de suelo, como es el caso de los pastos cultivados.

En la mayor parte de la microcuenca se tiene una porosidad similar entre el 55 y 65% de poros, por lo que siguen siendo bueno debido que supera al 50% pero no es tan efectivo al momento de captar, almacenar y transportar el agua dentro de la microcuenca, por lo que los suelos no retienen gran cantidad de agua ante eventos de precipitación, en comparación de la M.R.A.

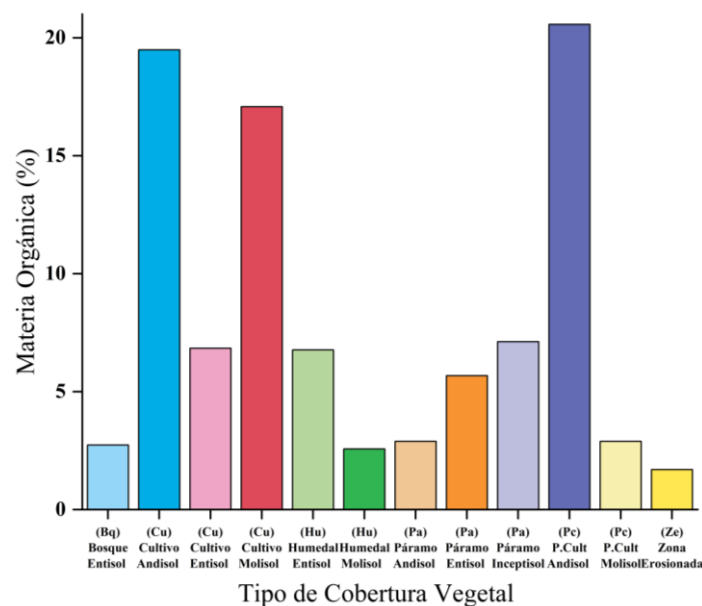
Figura 11. Porcentaje de Porosidad según la cobertura vegetal de la M.R.C



Cálculo de Materia Orgánica M.R.C

En la figura 11, se puede apreciar que en la M.R.C se tiene los valores más altos de materia orgánica en los cultivos y pastos cultivados de la zona entre un 17 y 21%, los mismos que son idóneos para la agricultura debido a que tiene efectos positivos en la estructura del suelo y ayudan a retener la humedad. Por otro lado, en las partes bajas de la microcuenca se tienen un valor superior al 5% en páramos y Humedales, mientras que en las zonas erosionadas se tiene un valor entre 2 y 3%, lo que nos indica que estos suelos si existe gran intervención antrópica, tala de árboles a gran escala, monocultivos, lo que ocasiona que el suelo se vaya deteriorando y por lo tanto no exista infiltración significativa en el suelo y retención de humedad.

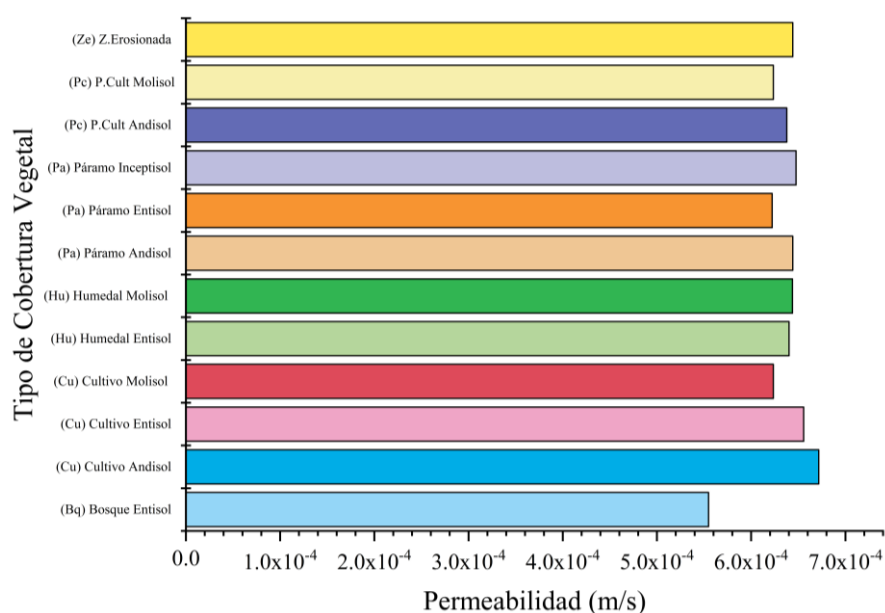
Figura 12. Porcentaje de Materia Orgánica según la cobertura vegetal de la M.R.C



Cálculo de Permeabilidad M.R.C

En la figura 12, se muestran los valores promedios de permeabilidad en la M.R.C, de los diferentes tipos de cobertura vegetal dando un valor máximo de permeabilidad en el suelo en los cultivos andisol con un valor de $6,72 \times 10^{-4}$ m/s, seguido de cultivo entisol con un valor de $6,56 \times 10^{-4}$ m/s y en páramos y humedales con valor promedio de $6,44 \times 10^{-4}$ m/s. Por último, tenemos a los bosques con el valor más bajo de permeabilidad $5,55 \times 10^{-4}$ m/s, debido a que en Cebadas se siembra generalmente árboles (Pinos) y no arbustos para generar la tala de estos en años posteriores, lo que genera una preocupación infundada ya que las raíces forman un complejo multiestratificado voluminoso tanto vertical y horizontalmente, lo que impide que existan procesos de infiltración normales en los bosques.

Figura 13. Permeabilidad según la cobertura vegetal de la M.R.C



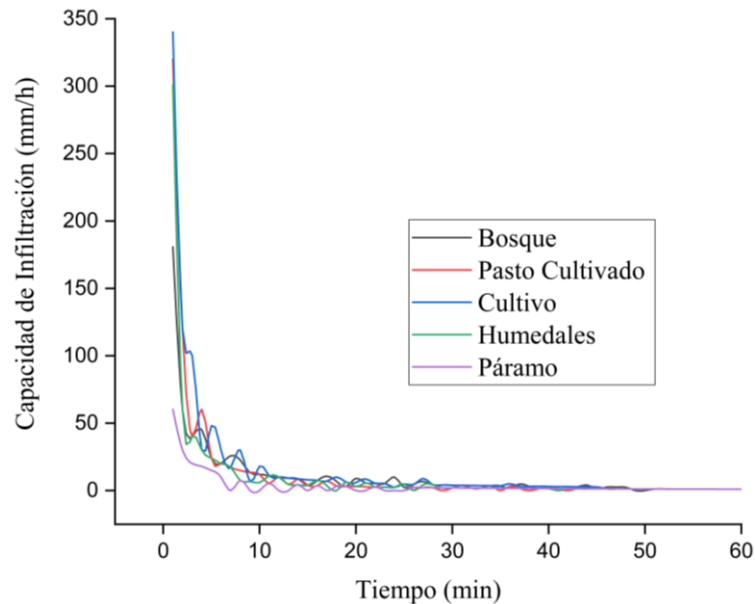
Cálculo de Infiltración M.R.C

La capacidad de infiltración de la microcuenca de Cebadas, se determinó in situ mediante la ayuda del equipo infitrómetro, el cual ayudo a determinar el tiempo promedio en la M.R.C fue alrededor de una hora, esto se da gracias a la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones.

Se observa en la figura 13 que la curva de infiltración máxima en la M.R.C varía en un tiempo de entre 0 y 40 minutos para que se llegue a saturar, siendo el valor más alto de 348 mm/h en los cultivos, así también, la capacidad mínima de infiltración se observó en los páramos, debido que a los 7 minutos se llega ya a saturar el suelo y se tiene un valor promedio

de 1,67 mm/h y que se mantienen constantes, debido a que el suelo ya se encuentra húmedo y saturado.

Figura 14. Infiltración según la cobertura vegetal de la M.R.C



Asignación del grupo hidrológico (HSG) y Capacidad de campo (CN) para la M.R.A y M.R.C

La asignación de grupo hidrológico y la capacidad de campo llevan una estrecha relación debido a que se analiza el tipo de suelo, cobertura vegetal, uso de suelo que se tiene en el mismo y las condiciones de terreno para que ocurra el proceso hidrológico ante un evento de precipitación. Para lo cual se debe tener en cuenta el proceso de infiltración y permeabilidad que puede ocurrir en el suelo, por lo cual es importante conocer la tasa de ingreso de la superficie. También es importante conocer los parámetros hidrológicos que presenta el suelo como son el grupo hidrológico (HGS), la condición de humedad, porcentaje de porosidad, la tasa de infiltración, materia orgánica, tipo de suelo y el tratamiento dentro de la cuenca hidrográfica, debido a que estos factores intervienen en el proceso de infiltración del agua en el suelo y en ocasiones pueden asimilarse a una barrera natural, por lo cual se tiene mayores porcentajes en permeabilidad y que posterior el agua se convierte en escorrentía al río Cebadas.

El suelo se clasifica en cuatro HSG (A, B, C y D) en base a la tasa de infiltración mínima, que se obtiene para suelo desnudo después de un evento de precipitación prolongada. Para la asignación del de los grupos hidrológicos se realizó la comparación entre

la textura del suelo en función de la clasificación de la cobertura vegetal o las actividades que se realizan en la microcuenca (Anexo 1), y para la determinación de la capacidad de campo (CN) se catalogó base al tipo de vegetación, tratamiento que se realiza en el suelo (C, CR, R y T), la condición higrológica (pobre, media y buena) y el tipo de suelo (A, B, C, D), para lo cual se estableció un rango del 1 a 100, siendo 100 los suelos más impermeables que son: Fuentes de Agua, Afloramientos Rocosos, Zona Urbana, Agua y Nieve, del mismo modo se procedió a determinar el CN en base a la escala para los tipos de suelos restantes que son: Páramo, Pasto Cultivado, Humedales, Zona Erosionada, Bosque y Cultivo.

Tabla 8. Asignación de HSG y CN para la M.R.A

Clase	Textura	HSG	CN
Afloramientos Rocosos	-	-	100
Bosque	Arenoso Franco	B	69
Cultivo	Arcillo Limoso	A	55
Cultivo	Arcillo Limoso	A	64
Cultivo	Arcillo Limoso	A	66
Fuentes de Agua	-	-	100
Humedales	Arcilla	C	99
Humedales	Arcillo Limoso	C	98
Nieve y hielo	-	-	100
Páramo	Franco	B	71
Páramo	Arenoso Franco	C	77
Páramo	Limoso	C	79
Páramo	Arcillo Limoso	D	85
Pasto Cultivado	Arenoso Franco	A	47
Pasto Cultivado	Franco	B	56
Vegetación Arbustiva	Arcillo Limoso	B	62
vegetación Arbustiva	Arcillo Limoso	B	69
Zona Urbana	-	-	100

La Tabla 8, muestra las diferentes coberturas de suelo y grupos hidrológicos en la microcuenca del río Alao, donde el número de curva expresa el potencial de escorrentía ante

un evento de precipitación. Como se expresa en la tabla los valores más altos de CN pertenecen a las zonas de afloramiento rocoso, fuentes de agua, nieve y hielo y zona urbana con un valor de CN de 100, donde el suelo es impermeable y antes los eventos de precipitación la lluvia se convierte directamente en escorrentía.

En la figura 15, se observa los valores de CN en la M.R.A, los cuales varían desde 6 hasta 99, sin tomar en cuenta las zonas con categoría de afloramiento rocoso, fuentes de agua, nieve - hielo y zona urbana, que tienen un valor de 100 y son impermeables, los demás tipos de suelo y cobertura vegetal se pueden evaluar y conocer el potencial de escurrimiento que se tiene en la microcuenca. Los resultados indican que el 61,04% de la M.R.A es páramo, con valores entre 71,77,79 y 85, los cuales son los que predominan con un tipo de suelo B, C y D. En general la microcuenca tiene un promedio de CN de 82,18, debido a las características propias del suelo y que aún se conservan como páramo, por lo que presenta las características óptimas se realice la captación, almacenamiento y transporte de agua por la microcuenca.

Figura 15. Mapa de los valores de CN de la M.R.A

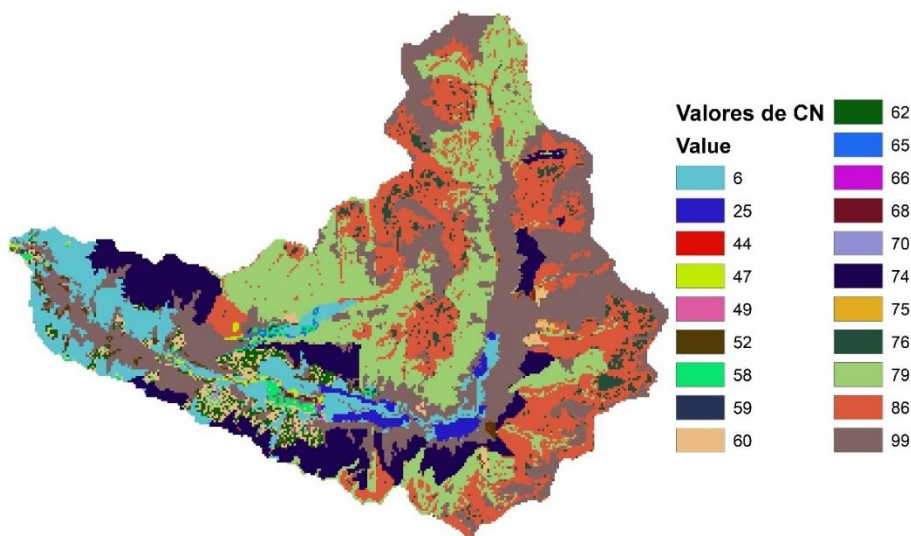


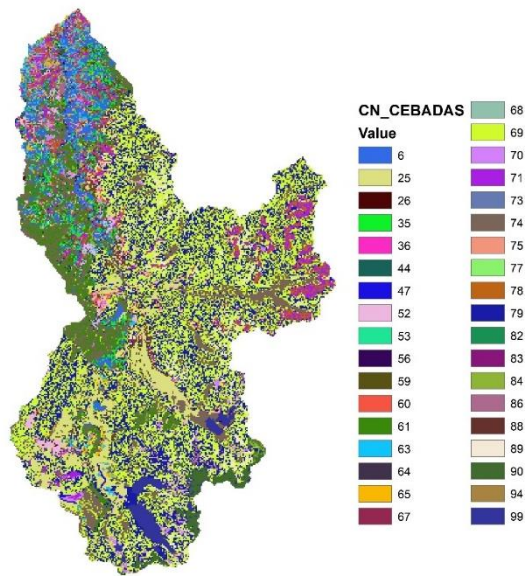
Tabla 9. Asignación de HSG y CN para la M.R.C

Clase	Textura	HSG	CN
Afloramientos	-	-	100
Rocoso			
Bosque	Arenoso	B	45
Bosque	Arenoso Franco	B	60

Cultivo	Arcillo Limoso	A	63
Cultivo	Arcillo Limoso	B	64
Cultivo	Arcilla	C	73
Fuentes de Agua	-	-	100
Humedales	Arcilla	C	78
Humedales	Arcillo Limoso	C	71
Páramo	Franco	B	70
Páramo	Arenoso Franco	C	74
Páramo	Limoso	C	79
Pasto Cultivado	Arenoso Franco	A	25
Pasto Cultivado	Franco	B	57
Pasto Cultivado	Franco	B	85
Vegetación	Arcillo Limoso	B	56
Arbustiva			
vegetación	Arcillo Limoso	B	62
Arbustiva			
Zona Erosionada	Arena	C	81
Zona Urbana	-	-	99

En la tabla 9 y figura 16, se observa los valores de CN en la M.R.C, los cuales varían desde 6 hasta 99, sin tomar en cuenta las zonas con categoría de afloramiento rocoso, fuentes de agua, nieve - hielo y zona urbana, que tienen un valor de 100 y son impermeables, la diferencia con la M.R.A es que en la M.R.C se tiene mayor variabilidad con los valores de CN. Los resultados indican que el 68,07% de la M.R.A es páramo, con valores entre 70,74 y 79, los cuales son los que predominan con un tipo de suelo B y C. En general la microcuenca tiene un promedio de CN de 69,41, debido a las que los suelos tienen mayor intervención en actividades agropecuarias, por lo que los suelos tienen una capacidad de escorrentía moderadamente alta.

Figura 16. Mapa de los valores de CN de la M.R.C

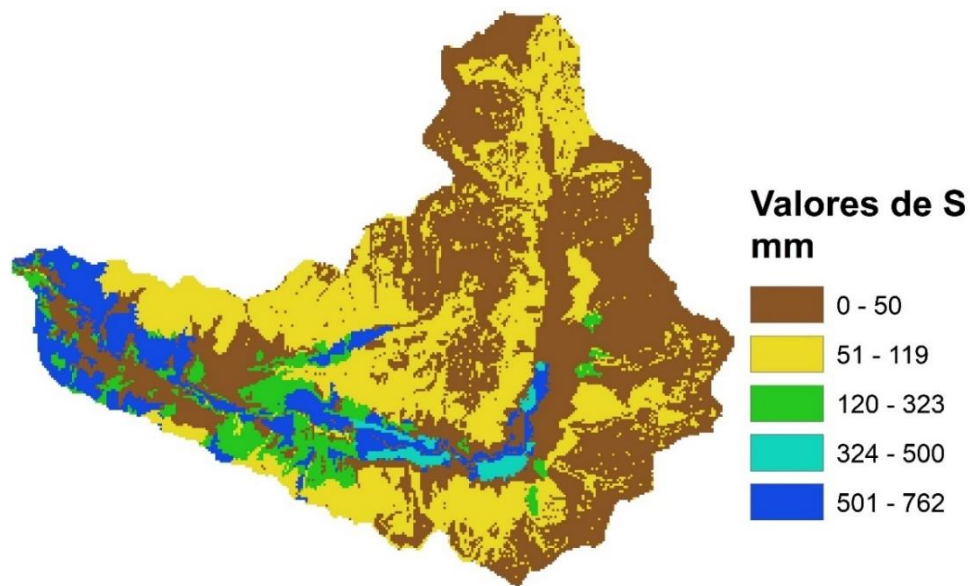


Potencial máximo de retención (S)

Para establecer el potencial máximo de retención se establecen 5 rangos de valoración, donde se pueden representar cada tipo de suelo que se tiene en la microcuenca, indicando así los resultados del potencial máximo de retención. Este se obtiene a través de la ecuación 6 y nos ayuda a determinar la cantidad de agua que contiene el suelo saturado después de un evento de precipitación y que haya transcurrido el lapso de 48 horas de drenaje (Díaz, 2017). Es importante relacionar los datos de CN y el potencial máximo de retención (S) del suelo, debido a que nos sirve para hacer un uso racional del recurso hídrico.

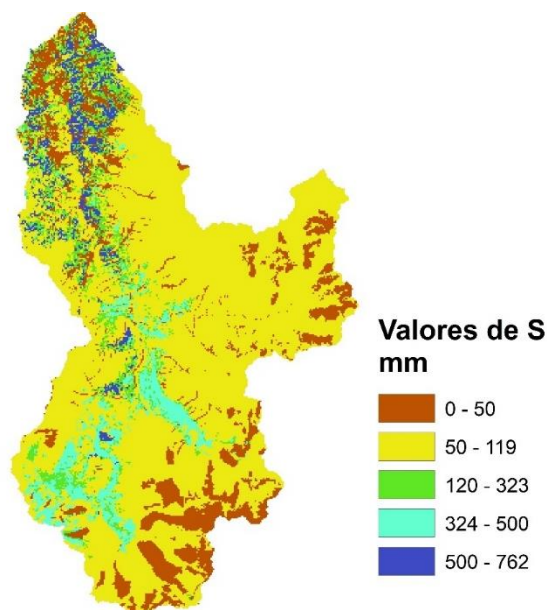
En la figura 17 muestra que en las categorías de humedales, zona urbana, fuentes de agua, afloramientos rocosos, nieve y hielo, están representados por el color café con un valoración máximo de retención de 0 a 50 mm, del mismo modo, encontrándose con una coloración amarillenta tenemos los páramos que es el área más extensa de la microcuenca con un valor entre 31 a 119 mm, seguido de pastos cultivados con un color verde que tiene un valor entre de 120 y 323 mm, de igual forma, la tonalidad de celeste representa los bosques con un valor entre 324 y 500 mm, y por ultimo tenemos que los cultivos son los que tienen el mayor porcentaje de retención en el suelo siendo valores mayor a 501 mm, cuando se tenga eventos de precipitación extrema.

Figura 17. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.A



En la figura 18, muestra que en las categorías de afloramientos rocosos, zona urbana, fuentes de agua, nieve y hielo, están representados por el color café con un valoración máximo de retención de 0 a 50 mm, del mismo modo, encontrándose con una coloración amarillenta tenemos los páramos que es el área más extensa de la microcuenca con un valor entre 50 a 119 mm, seguido de pastos cultivados con un color verde que tiene un valor entre de 120 y 323 mm, de igual forma, la tonalidad de celeste representa los bosques con un valor entre 324 y 500 mm, y por ultimo tenemos que los cultivos son los que tienen el mayor porcentaje de retención en el suelo siendo valores mayor a 501 mm, pero se puede apreciar que área es mínima en comparación a la M.R.A, debido a que las características del suelo se están deteriorando por las actividades antropogénicas y mal uso que se le da al suelo.

Figura 18. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.C



Modelación para obtener la relación de precipitación y escorrentía a través de Hec-HMS

Para obtener la modelo de la relación de precipitación-escorrentía se utilizó la metodología SCS, para el cual se obtuvo datos diarios de precipitación y temperatura de los años 1981 al 2021 (Larrea & Maldonado, 2022). El modelamiento permitió determinar la precipitación efectiva que se tiene en cada año, precipitación, escorrentía, además de varios factores que influyen dentro de cada microcuenca como son CN, tiempo de retardo, y el umbral de escorrentía que circula libremente por la superficie del suelo cuando se encuentre este saturado.

Relación de precipitación-escorrentía M.R.A

La modelación se realizó a través del programa HEC-HMS. En la M.R.A al ser una microcuenca pequeña se la analizó como una sola, donde se puede encontrar directamente los valores de precipitación y escorrentía máximos que se tienen entre los años 1981-2000 y 2001-2021.

En la figura 19, se observa que se registró un valor máximo de precipitación mayor a 60 mm y un valor de escorrentía de 10 cm/s (100 mm/s). Por lo general la microcuenca tiene eventos de precipitación promedio de 20 mm y una escorrentía de 30 cm/s (300 mm/s).

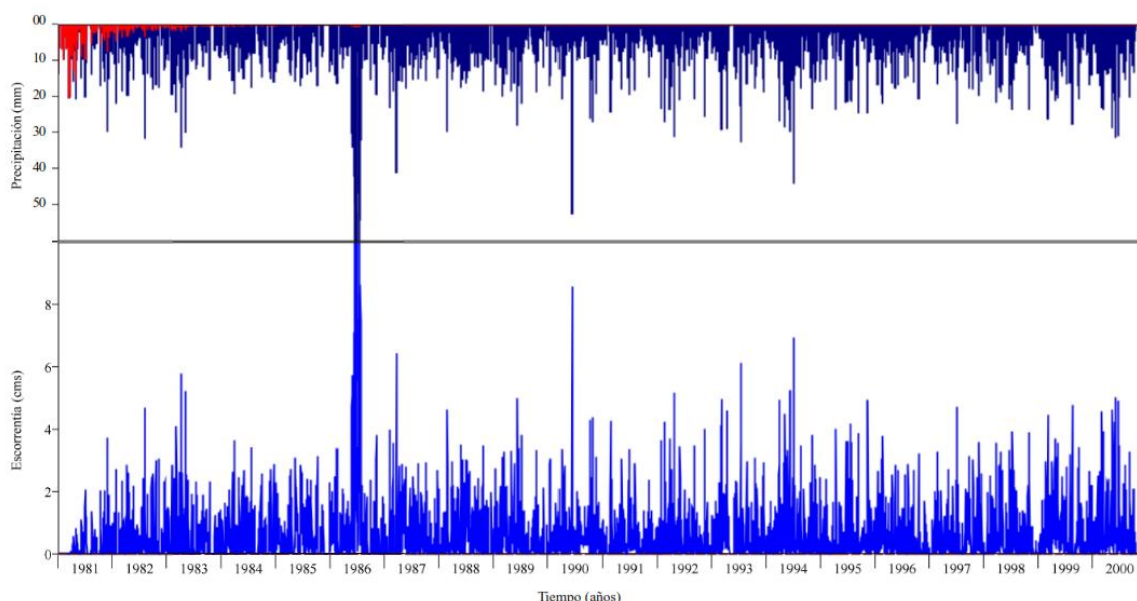
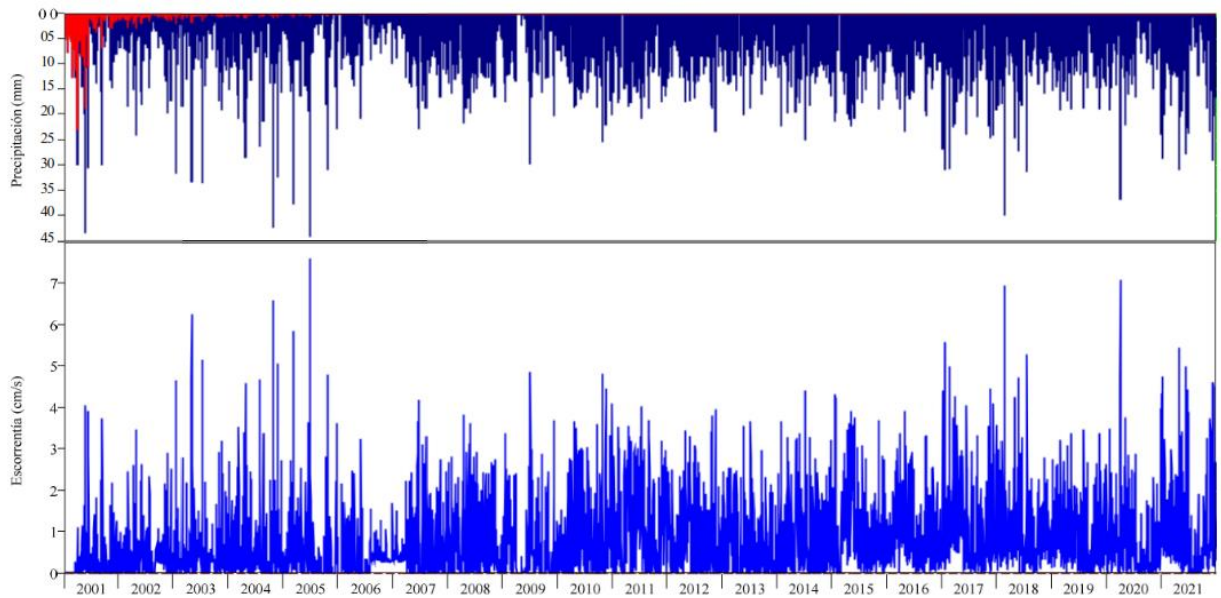


Figura 19. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.A

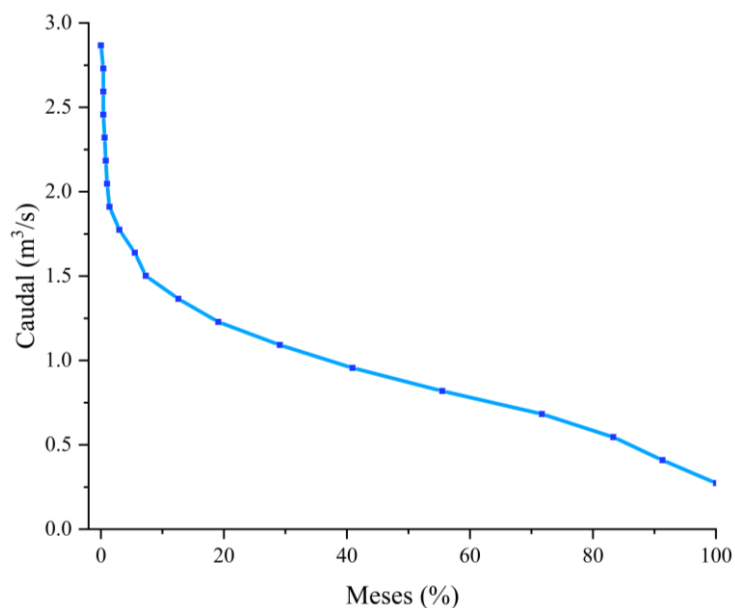
En el lapso de los años 2001-2021 la microcuenca presenta valores máximos de precipitación de 45 mm y con una escorrentía de 75 cm/s (750 mm/s). En promedio la microcuenca tiene eventos de precipitación entre 15 y 25 mm, con una escorrentía de 20 a 40 cm/s (200 a 400 mm/s).

Figura 20. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2021 M.R.A



En la figura 21 se puede analizar de forma general la cantidad de agua que se puede tener ante los eventos de precipitación, y se observa como varían los caudales en la M.R.A, debido a que estos también dependen mucho de los eventos de precipitación, procesos hidrológicos, escorrentía y ubicación geográfica. Por lo cual se tiene que en general el 10% de los meses analizados cuentan con un caudal promedio de 2,7, de igual forma en el 50% de los meses analizados se tiene un caudal promedio de $1 \text{ m}^3/\text{s}$ y la mayoría de los meses mayor al 90% se tiene un caudal mínimo en la microcuenca de $0,25 \text{ m}^3/\text{s}$, los mismo que sirven para las actividades agropecuarias, riego, consumo y proyectos que aprovechen este caudal hídrico.

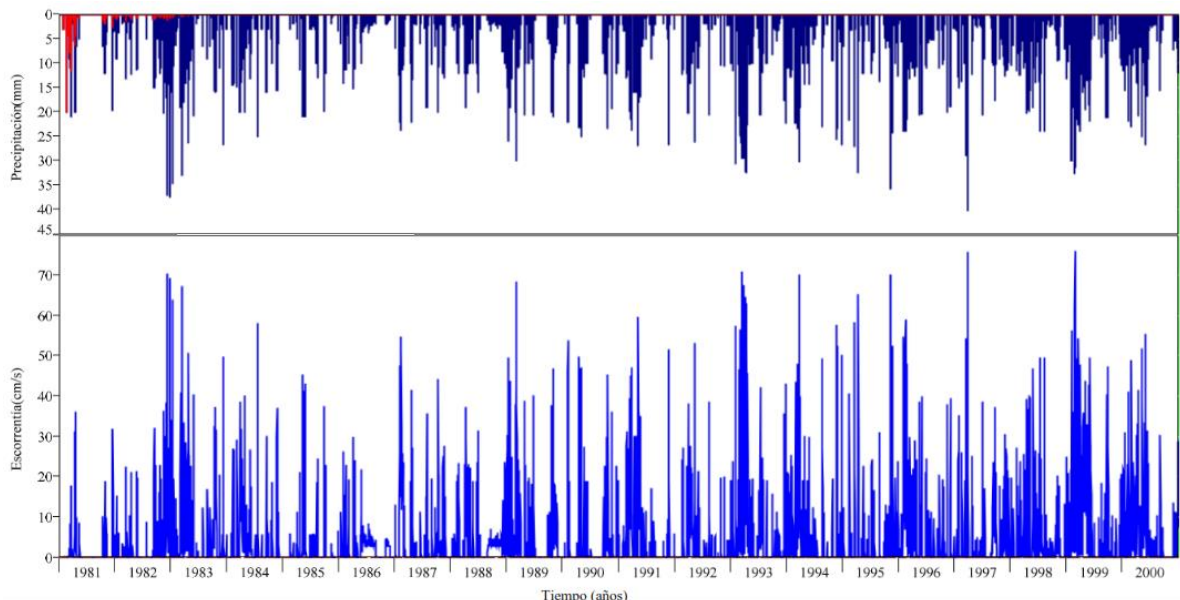
Figura 21. Curva de Duración de los caudales de la M.R.A



Relación de precipitación-escorrentía M.R.C

Para la modelación de la M.R.C se dividió la microcuenca en tres subcuencas debido a que cuenta con un área extensa de 711,11 km², por lo cual busca priorizar los valores de precipitación y escorrentía máximos, para ser analizado de mejor manera. En el lapso de 20 años entre 1981-2000, en la subcuenca SC3 que es la salida de la escorrentía se tiene una precipitación máxima de 42 mm y con una escorrentía máxima de 72 cm/s (720 mm/s). En promedio la microcuenca tiene eventos de precipitación en las tres subcuencas entre 15 y 25 mm, con una escorrentía promedio de 20 a 40 cm/s (200 a 400 mm/s). Como se puede apreciar no existe con continuidad los eventos de precipitación como en la M.R.A, debido a que la M.R.C no presenta las mismas características en posición geográfica que le beneficie y se tenga eventos continuos de precipitación.

Figura 22. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C



En el lapso de 20 años entre 2001-2021 en la subcuenca SC3 que es la salida de la escorrentía se tiene una precipitación máxima de 50 mm y con una escorrentía máxima de 100 cm/s (1000 mm/s). En promedio la microcuenca tiene eventos de precipitación en las tres subcuencas entre 20 mm, con una escorrentía promedio de 50 cm/s (500 mm/s). Como se puede apreciar no existe con continuidad los eventos de precipitación, por lo que existen valores altos de pérdida en la relación de precipitación escorrentía, los mismos que son absorbidos por el suelo.

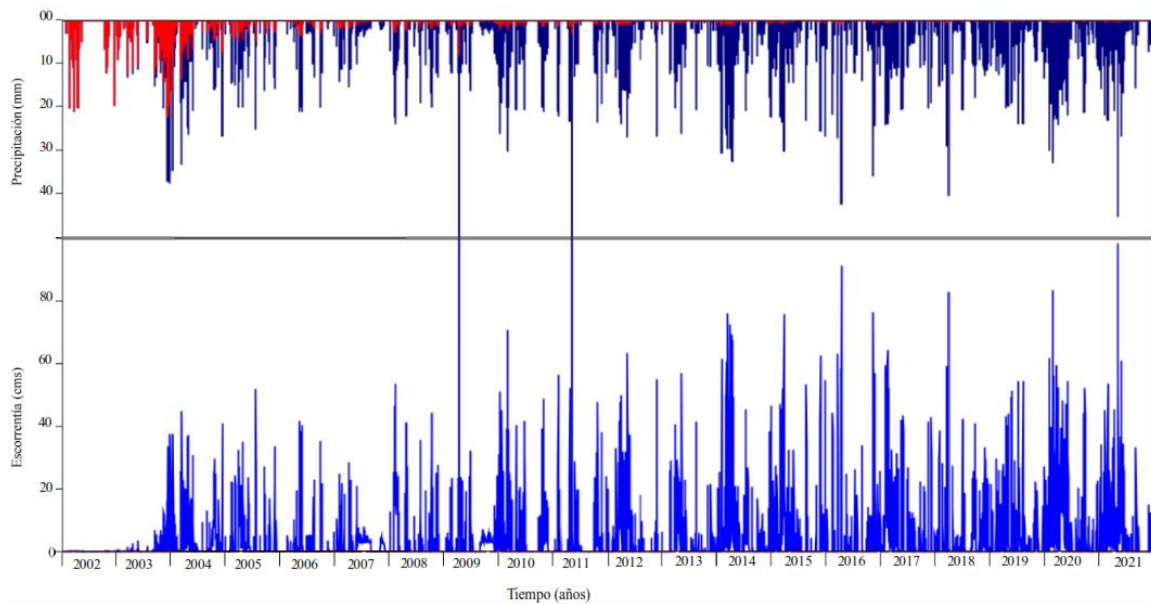


Figura 23. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2021 M.R.C

En la figura 24 se puede analizar de forma general la cantidad de agua que se tiene en la M.R.C ante los eventos de precipitación, y se puede apreciar que existen caudales mayores a la M.R.A, debido a que esta cuenta con un área de 711,11 km² que es mucho mayor por lo que se capta mayor precipitación y dentro de la misma. Se debe tener en cuenta que cuando existen eventos de precipitación extremos se llega a los caudales máximos, en el caso de la M.R.C se tienen eventos de precipitación discontinuos por lo que varía la cantidad de agua que se tiene en la misma.

De igual forma los caudales se obtienen de los páramos que es donde nace el agua por sus procesos hidrológicos y eventos de precipitación. Por lo cual se tiene que en general el 10% de los meses analizados cuentan con un caudal promedio de 8 m³/s, de igual forma en el 50% de los meses analizados se tiene un caudal promedio de 2 m³/s y la mayoría de los meses mayor al 90% se tiene un caudal mínimo en la microcuenca de 0,50 m³/s, los mismo que sirven para las actividades agropecuarias, riego, consumo y proyectos que aprovechen este caudal hídrico.

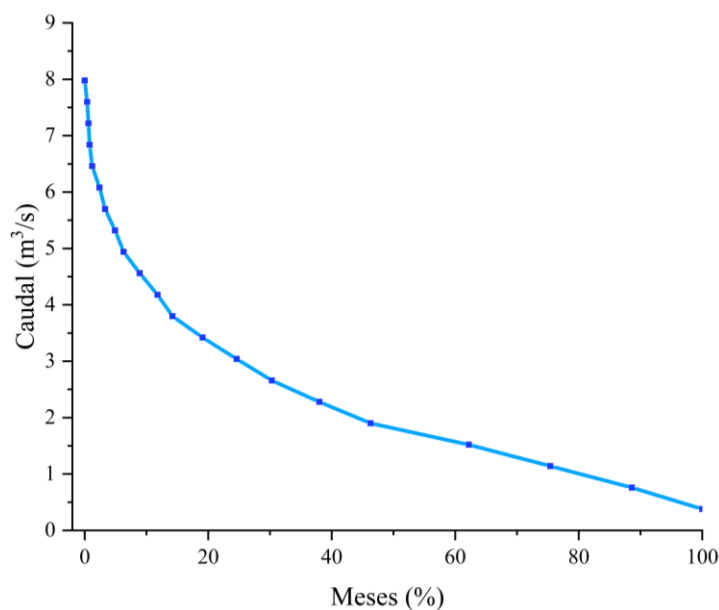


Figura 24. Curva de Duración de los caudales de la M.R.C

Oferta hídrica de la M.R.A

La oferta hídrica demuestra la cantidad de agua que puede ser aprovechable por los pobladores de Alao, e incluso mantener proyectos para aprovechar este recurso hídrico como el proyecto Maguazo-Alao que busca abastecer de agua potable a la ciudad, e incluso impulsar proyecto para tener mejoras en la producción de la fauna y flora del sector. En la tabla 10 se presenta los resultados de la M.R.A, mediante el modelo de precipitación-escorrentía se pudo determinar el caudal máximo en la zona, caudal ecológico y analizar el caudal disponible para el aprovechamiento de la población, por lo cual el caudal se tiene un caudal medio de 0,6590 m³/s, un caudal ecológico igual a 0,065 m³/s que sirve para preservar, conservar y mantener el funcionamiento de los sistemas naturales, de igual manera se tiene las concesiones de agua con un caudal igual a igual a 0,00025 m³/s, y por último la oferta hídrica que se tiene es igual a 0,5928 m³/s caudal que se encuentra disponible y puede ser utilizado en proyectos que beneficien a la población de Alao, parroquias y ciudades aledañas.

Tabla 10. Caudal ofertado en la M.R.A

Años	Caudal Medio	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal ofertado (m3/s)
1981	0,190137	0,019014	0,000250	0,170873
1982	0,456164	0,045616	0,000250	0,410298

1983	0,541096	0,054110	0,000250	0,486736
1984	0,537978	0,053798	0,000250	0,483930
1985	0,563836	0,056384	0,000250	0,507202
1986	0,965753	0,096575	0,000250	0,868928
1987	0,670137	0,067014	0,000250	0,602873
1988	0,715027	0,071503	0,000250	0,643274
1989	0,570137	0,057014	0,000250	0,512873
1990	0,508767	0,050877	0,000250	0,457640
1991	0,392877	0,039288	0,000250	0,353339
1992	0,451913	0,045191	0,000250	0,406471
1993	0,572603	0,057260	0,000250	0,515092
1994	0,627123	0,062712	0,000250	0,564161
1995	0,473973	0,047397	0,000250	0,426325
1996	0,459290	0,045929	0,000250	0,413111
1997	0,512329	0,051233	0,000250	0,460846
1998	0,519452	0,051945	0,000250	0,467257
1999	0,678630	0,067863	0,000250	0,610517
2000	0,617213	0,061721	0,000250	0,555242
2001	0,520274	0,052027	0,000250	0,467996
2002	0,463836	0,046384	0,000250	0,417202
2003	0,511507	0,051151	0,000250	0,460106
2004	0,632514	0,063251	0,000250	0,569012
2005	0,508493	0,050849	0,000250	0,457394
2006	0,376438	0,037644	0,000250	0,338544
2007	0,630685	0,063068	0,000250	0,567366
2008	0,840710	0,084071	0,000250	0,756389
2009	0,595342	0,059534	0,000250	0,535558
2010	0,978082	0,097808	0,000250	0,880024
2011	1,120274	0,112027	0,000250	1,007996
2012	0,869945	0,086995	0,000250	0,782701
2013	0,636164	0,063616	0,000250	0,572298
2014	0,854247	0,085425	0,000250	0,768572
2015	0,991781	0,099178	0,000250	0,892353

2016	0,918579	0,091858	0,000250	0,826471
2017	1,065479	0,106548	0,000250	0,958681
2018	0,954247	0,095425	0,000250	0,858572
2019	0,879726	0,087973	0,000250	0,791503
2020	0,692623	0,069262	0,000250	0,623111
2021	0,954795	0,095479	0,000250	0,859065
PROMEDIO	0,659028681	0,065902868	0,000250138	0,592875675

Oferta hídrica de la M.R.C

En la tabla 22 se muestra los resultados de la microcuenca del río Cebadas, mismo que cuenta con un caudal medio 1,8497 m³/s, que, un caudal ecológico igual a 0,18 m³/s que sirve para preservar, conservar y mantener el funcionamiento de los sistemas naturales, de igual manera se tiene las concesiones de agua con un caudal igual a igual a 0,0022 m³/s, y por último la oferta hídrica que se tiene es igual a 1,6625m³/s caudal que se encuentra disponible para las diferentes actividades que realizan los pobladores en toda la microcuenca.

Tabla 11. Caudal ofertado en la M.R.C

Años	Caudal Medio	Caudal Ecológico	Caudal Autorizado	Caudal ofertado (m3/s)
1981	0,08247	0,00825	0,00222	0,07200
1982	0,67288	0,06729	0,00222	0,60336
1983	1,31589	0,13159	0,00222	1,18208
1984	1,23142	0,12314	0,00222	1,10605
1985	0,89753	0,08975	0,00222	0,80556
1986	1,43342	0,14334	0,00222	1,28786
1987	1,47123	0,14712	0,00222	1,32189
1988	1,45601	0,14560	0,00222	1,30819
1989	1,64301	0,16430	0,00222	1,47649
1990	1,26110	0,12611	0,00222	1,13276
1991	1,30740	0,13074	0,00222	1,17443
1992	0,97978	0,09798	0,00222	0,87958
1993	2,29288	0,22929	0,00222	2,06136
1994	1,90795	0,19079	0,00222	1,71493
1995	1,25863	0,12586	0,00222	1,13054

1996	1,77896	0,17790	0,00222	1,59884
1997	1,44384	0,14438	0,00222	1,29723
1998	1,76849	0,17685	0,00222	1,58942
1999	2,61041	0,26104	0,00222	2,34715
2000	2,02322	0,20232	0,00222	1,81868
2001	1,53178	0,15318	0,00222	1,37638
2002	1,32301	0,13230	0,00222	1,18849
2003	1,13945	0,11395	0,00222	1,02328
2004	1,67049	0,16705	0,00222	1,50122
2005	1,37753	0,13775	0,00222	1,23756
2006	1,36822	0,13682	0,00222	1,22917
2007	1,80301	0,18030	0,00222	1,62049
2008	1,79071	0,17907	0,00222	1,60942
2009	1,27151	0,12715	0,00222	1,14213
2010	1,82822	0,18282	0,00222	1,64317
2011	2,91178	0,29118	0,00222	2,61838
2012	1,72842	0,17284	0,00222	1,55335
2013	1,54110	0,15411	0,00222	1,38476
2014	1,91123	0,19112	0,00222	1,71789
2015	2,60959	0,26096	0,00222	2,34641
2016	3,54098	0,35410	0,00222	3,18466
2017	4,10027	0,41003	0,00222	3,68802
2018	3,80986	0,38099	0,00222	3,42665
2019	3,39041	0,33904	0,00222	3,04915
2020	2,67350	0,26735	0,00222	2,40392
2021	3,68082	0,36808	0,00222	3,31052
PROMEDIO	1,84972	0,18497	0,00222	1,66252

CAPÍTULO V, CONCLUSIONES y RECOMENDACIONES

Conclusiones

La clasificación no supervisada a través de los shape file de mapa de cobertura y uso de la tierra y Sistemas Agropecuarios del Ecuador, mapa Geopedológico del Ecuador continental y las imágenes satelitales Sentinel 2A, permitieron identificar 8 diferentes tipos de usos y cobertura vegetal que son páramo, pasto cultivado, bosque, cultivos, humedales, zona urbana, zona erosionada, fuentes de agua, nieve y hielo y a su vez también determinar los diferentes tipos de orden textural que se encuentran en las microcuencas que son: molisoles, inceptisoles, entisoles, tierras misceláneas y afloramientos rocosos, este último también es significativo en las dos microcuencas ya que se encuentran en límite con las provincia de Morona Santiago por lo que es un área representativa por su red montañosa. Existe un evidente desgaste de los suelos en la M.R.C debido a las actividades agropecuarias que se realizan y el mal uso como: monocultivos, siembra y tala de árboles a gran escala y la ubicación geográfica no cuenta con las mismas características que la M.R.A ya que está en su totalidad se conserva aún con características de páramo, que son idóneas para que se den los procesos hidrológicos y sean productivos en alimentos para abastecer la parroquia, ciudad y provincia. Aunque en las dos microcuencas se tiene una extensión amplia de paramos de 68,07% del total del área en la M.R.C y de 61,04% en la M.R.A, se evidencia que en Cebadas se tiene una mayor intervención en estos suelo de páramo y que incluso están sobrepasando la frontera agrícola (3700 m.s.n.m) para obtener suelos idóneo para la producción agrícola, en la actualidad se cuenta con un 20,16% de la extensión total que está dedicada a actividades agropecuarias y que año tras año se van a ir convirtiendo en cultivos o áreas para siembra de árboles en comparación de Alao que solo tiene un 15,89% .

Los valores de CN y S están estrechamente relacionados y de estos depende para conocer la precipitación y su potencial de escurrimiento que se tiene en un área determinada, por lo cual se conoce que relacionando la cobertura vegetal y orden textural se tiene que, en afloramientos rocosos, fuentes de agua, Zona Urbana Nieve y Hielo, se tiene un valor de CN igual a 100, lo que indica que el 100% de un evento de precipitación que caiga en estas zonas, se convierte directamente en escorrentía. En la M.R.A se tiene mejores características en el suelo lo que le permite, captar y almacenar agua por mayor tiempo, por lo cual siempre los suelos tienden a estar húmedos, el promedio general del valor de CN en la M.R.A es de 82,18 lo que indica que en una precipitación el agua se convierte fácilmente en escorrentía, debido a que los suelos se mantienen con humedad la mayoría del tiempo. En la M.R.C no

cuenta con las mismas características por lo que en promedio general del valor de CN es de 69,41 por lo cual los suelos, buscarán retener mayor cantidad de agua y por ende existirán pérdidas de este caudal que se retiene y no se convierte en escorrentía efectiva.

El modelo de precipitación-escorrentía realizado a través del programa HEC-HMS, permite conocer los caudales máximos, mínimos y promedios en las M.R.A y M.R.C, utilizando las variables de ubicación, temperatura, evapotranspiración, pérdida, exceso e infiltración, tiempos de retardo y además del uso de datos de precipitación diarios, los mismos que permiten conocer los eventos de precipitación entre los periodos de 1981-200 y 2001-2021. Optimizar el modelo es una parte importante dentro del estudio ya que se acerca a los valores reales de caudales y minimiza los errores en la ejecución. Así se tiene que la oferta hídrica de la M.R.A es de 0,5928 m³/s y para la M.R.C es de 1,6625 m³/s, siendo estos caudales los que se pueden aprovechar en proyectos para el mejoramiento de la calidad de vida de las personas.

Recomendaciones

- Se recomienda realizar las correcciones atmosféricas y radiométricas a las imágenes satélites con las que se va a trabajar para evitar errores que se pueden producir durante una clasificación.
- Se recomienda realizar este tipo de investigación para varias microcuencas de la provincia de Chimborazo con el fin de minimizar las consecuencias que los cambios bruscos en el uso de suelo ocasionan, especialmente en aquellos entornos que cumplen funciones importantes para un adecuado desarrollo de la sociedad.
- Es factible tener un conocimiento previo de los procesos que se van a realizar en campo, como son las pruebas de infiltración, donde se debe considerar que el agua presenta un movimiento radial lo que de cierta forma puede producir errores en la toma de datos, esto implica que se debe colocar de forma correcta el instrumento de doble anillo respetando su altura y las cantidades de agua que deben poseer los dos anillos.
- Obtener datos hidrológicos de una estación hidrometeorológica que tenga los datos actualizados de la zona de investigación para obtener datos reales e incluso proyectar para años futuros las posibles problemáticas que se puede tener en las diferentes microcuencas.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar, D., & Paéz, L. (2015). *Evaluación temporal del método número de curva de escorrentía en una hoya hidrográfica su-urbana a través de modelos arima: Estudio de caso Quebrada La Vieja*. Bogotá: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Ayala, J. (2014). Hydrometeorological network interconnectivity in Chimborazo Province, Ecuador. *Revista técnica de la Facultad de Ingeniería Universidad de Zulia*, 252.
- Baldoceda, A., Maldonado, M., & Alcántara, F. (2021). Análisis del porcentaje de humedad, materia orgánica y porosidad del suelo de dos tipos de bofedales. *Ciencia y Desarrollo*, 21.
- Bautista, K. (s.f.). *Estudio de aprovechamiento hidrológico de la microcuenca del río Alao desde los usos de concesión*.
- Béjar, J. (2018). Contaminación orgánica del río Chambo en el área de descarga de agua residual de la ciudad de Riobamba. *Perfiles*, 1.
- Bravo, N. F. (2017). *Teoría- Teledetección espacial LANDSAT, SENTINEL-2, ASTER LIT y MODIS*. Huánuco: GEOMÁTICA AMBIENTAL S.R.L.
- Camacho, C. (2020). Estimación del coeficiente de permeabilidad del suelo en la ciudad de Macas -Ecuador utilizando permeámetro de carga variable. *Dominio de las Ciencias*, 83.
- Camarasa, A. (2018). Cambio de uso de suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea. *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, 138.
- Casado, A. (2020). Modelación precipitación-escorrentía en cuencas de zonas secas, Sauce Grande, Argentina. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 17.
- Cerón, L. M. (2021). Agua subterránea: tendencias y desarrollo científico. *Información tecnológica*, 48.
- Ciancaglini, N. (2000). *R- 001- Guía para la determinación de textura de suelos por método organoléptico*. San Juan: INTA EEA.
- Córdova, J. (2015). El ciclo hidrológico y su significación hidrológica. *Research*, 81.
- Curso de Edafología . (2019). *Porosidad y aireación densidad aparente y real*. La Plata: Departamento de ambiente y recursos naturales .
- Díaz, Á. (2017). Determinación del número de curva en la subcuenca de betancí (Córdoba, Colombia) mediante teledetección y SIG. *Ingeniería y Desarrollo*, 202.

- Duque, P. (2019). Evaluación del sistema de modelamiento Hidrológico HEC-HMS para la simulación hidrológica de una microcuenca Andina Tropical. *Información Tecnológica*, 352.
- Escandón, J., Ordóñez, J., Nieto, M., & Ordóñez, M. d. (2018). Cambio en la cobertura vegetal y uso del suelo del 2000 al 2009 en Morelos, México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 2-4.
- Espinales, F. (2021). Determinación del Número de Curva (CN) de la cuenca río Portoviejo. *Revista de Dilemas: Educación, Políticas y Valores*, 1.
- González, J. L. (2012). Porosidad del suelo en tres superficies típicas de la cuenca alta del río Nazas. *Tecnologías y Ciencias del Agua V3*, 21.
- Hernández, A. (2015). *Determinación del espacio Poroso del suelo*. Buena Vista, Saltillo Coahuila: Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.
- Iturralde, S. (2019). *Determinación de la capacidad de campo de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano*. Riobamba: UNACH.
- Larrea, A., & Maldonado, C. (2022). *Determinación de la oferta hídrica de la microcuenca Guamate y quebrada Compuene Gorge, en la provincia de Chimborazo*. UNACH.
- Lee, B. (2015). Hydraulic Experiments for Determination of In-situ Hydraulic Conductivity of Submerged Sediments. *Nature Publishing*, 9.
- León, M. (2020). Análisis de correlación de las variables identificadas en las cuencas hidrográficas de Pichincha y Sucumbíos, Ecuador. *Latindex*, 83.
- Mendoza, B. (2021). Determination of field capacity in the Chibunga and Guano rivers micro-basin. *Research*, 4.
- Pascual, J. (2016). *Guía práctica sobre la modelización hidrológica y el modelo HEC-HMS*. Alcalá de Henares: Instituto IMDEA Agua.
- Pellegrini, A. (2019). *Textura y color del suelo*. La Plata: DEPARTAMENTO DE AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES.
- Pucha, F., Fries, A., Cánovas, F., Oñate, F., González, V., & Pucha, D. (2017). *Fundamentos de SIG Aplicaciones con ArcGIS*. Loja: Ediloja Cia. Ltda.
- Quiroga, A., Studdert, G., & Galantini, J. A. (2017). *La materia orgánica como indicador de cambios en la calidad de los suelos*. Argentina: Manejo y conservación de suelos. Con especial énfasis en situaciones argentinas.
- Rac, A. (2020). *Determinación de las avenidas del río Guacalate, hasta la estación Alotenango aplicando el método de hidrograma unitario sintético, utilizando el*

- metodo Soil Conservation Service (SCS)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Ramos, C. (2021). Diseño de Investigación Experimental. *CienciAmérica*, 10, 6.
- Rivas , J. (2022). DESARROLLO DE LA REGIÓN DE ÑUBLE:PROSPECTIVA SEGÚN LA PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS. *Tiempo y Espacio*, 65.
- Ruiz, E., & Martínez, M. (2015). *Hidrología Aplicada: Infiltración y humedad del suelo* . OCW.
- Torres, R. (2015). *PRODUCCIÓN DE PLANTONES DE PALTO (Perseo americana Mili.) cv. Mexícola, CON CINCO NIVELES DE HUMEDAD EN DOS TIPOS DE SUSTRATO BAJO INVERNADERO*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Úbeda, J. (2018). La infiltración del agua en los suelos y componentes artificiales y materia orgánica que se utilizan en ellos para la agricultura. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 889-896.
- Vásquez, M. (2019). *Cuencas Hidrográficas*. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.
- Villón, M. (2015). *Hec-Hms Ejemplos*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.

ANEXOS

Anexo 1 Números de curva de escorrentía según su cobertura vegetal

Tabla 12. Números de curva de escorrentía para pastizales áridos y semiáridos

TIPO DE COBERTURA	Condición	Grupo Hidrológico del Suelo			
		Hidrológica	A	B	C
Herbácea: mezcla de hierba, maleza y cepillo de bajo crecimiento, con el cepillo Elemento menor,	Pobre	-----	90	80	93
	Medio	-----	71	81	89
	Bueno	-----	62	74	85
Roble-aspen - mezcla de cepillo de montaña de álamo de roble	Pobre	-----	66	74	79
	Medio	-----	48	57	63
álamo temblón, caoba de montaña, pincel amargo, arce, otros cepillos,	Bueno	-----	30	41	48
	Pobre	-----	75	85	89
Pinyon-enebro (Pino): pinyon, enebro o ambos; sotobosque de hierba	Medio	-----	58	73	80
	Bueno	-----	41	61	71
	Pobre	-----	67	80	85
Artemisa con sotobosque de hierba	Medio	-----	51	63	70
	Bueno	-----	35	47	55
	Pobre	63	77	85	88
Arbusto del desierto, las plantas más importantes incluyen el saltbush, Greasewood, Creosotebush, Blackbrush, Bursage, palo verde, mezquite y cactus	Medio	55	72	81	86
	Bueno	49	68	79	84

Tabla 13. Números de curva de escorrentía para la agricultura

TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTOS	CONDICIÓN	TIPO DE SUELO				
	TO	ÓN	A	B	C	D	
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94	
	CR	Pobre	76	85	90	93	
	CR	Buena	74	83	88	90	
	R	Pobre	72	81	88	91	
	R	Buena	67	78	85	89	
	R + CR	Pobre	71	80	87	90	
	R + CR	Buena	64	75	82	85	
	C	Pobre	70	79	84	88	
	C	Buena	65	75	82	86	
	cultivos alineados	C + CR	Pobre	69	78	83	87
C + CR		Buena	64	74	81	85	
C + T		Pobre	66	74	80	82	
C + T		Buena	62	71	78	81	
C + T + CR		Pobre	65	73	79	81	
C + T + CR		Buena	61	70	77	80	
R		Pobre	65	76	84	88	
R		Buena	63	75	83	87	
R + CR		Pobre	64	75	83	86	
R + CR		Buena	60	72	80	84	
C		Pobre	63	74	82	85	
C		Buena	61	73	81	84	
cultivos no alineados o con surcos pequeños o mal definidos		C + CR	Pobre	62	73	81	84
		C + CR	Buena	60	72	80	83
		C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81	
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81	
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80	
	R	Pobre	66	77	85	89	
	R	Buena	58	72	81	85	
	C	Pobre	64	75	83	85	
	C	Buena	55	69	78	83	
cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	C + T	Pobre	63	73	80	83	
	C + T	Buena	51	67	76	80	
	-	Pobres	68	79	86	89	
pastizales o pastos naturales	-	Regulares	49	69	79	84	
	-	Buenas	39	61	74	80	
	C	Pobres	47	67	81	88	
	C	Regulares	25	59	75	83	
Pastizales prados permanentes	C	Buenas	6	35	70	79	

	-	-	30	58	71	78
matorral herbazal siendo el matorral	-	Pobres	48	67	77	83
preponderante	-	Regulares	35	56	70	77
	-	Buenas	≤ 30	48	65	73
combinación de arbolado y herbazal, cultivos	-	Pobres	57	73	82	86
agrícolas niños	-	Regulares	43	65	76	82
	-	Buenas	32	58	72	79
	-	Pobres	45	66	77	83
montes con pastos (aprovechamientos	-	Regulares	36	60	73	79
silvopastorales)	-	Buenas	25	55	70	77
	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
Bosques	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
	-	V Muy buena	15	44	54	61
Caseríos	-	-	59	74	82	86
caminos en tierra	-	-	72	82	87	89
caminos en firme	-	-	74	84	90	92

CR = Cubierta de residuos; R = Labores en línea recta; C = Labores en curvas de nivel; T = Terrazas

Anexo 2. Asignación numérica general para las diferentes texturas del suelo

Tabla 14. Clases texturales

Tipos de suelo	Valor Numérico
Arenoso	12
Areno Francos	11
Franco Arenoso	10
Franco	9
Franco Limoso	8
Limoso	7
Franco Arcilloso	6
Franco Arenoso Arcilloso	5
Franco Limoso Arcilloso	4
Arcilloso Arenoso	3
Arcilloso Limoso	2
Arcilloso	1

(Larrea & Maldonado, 2022)

Anexo 3. Modelo precipitación – escorrentía periodo 1981 – 2000 M.R.C

Figura 25. Subdivisión de la Microcuenca Cebadas para el modelado

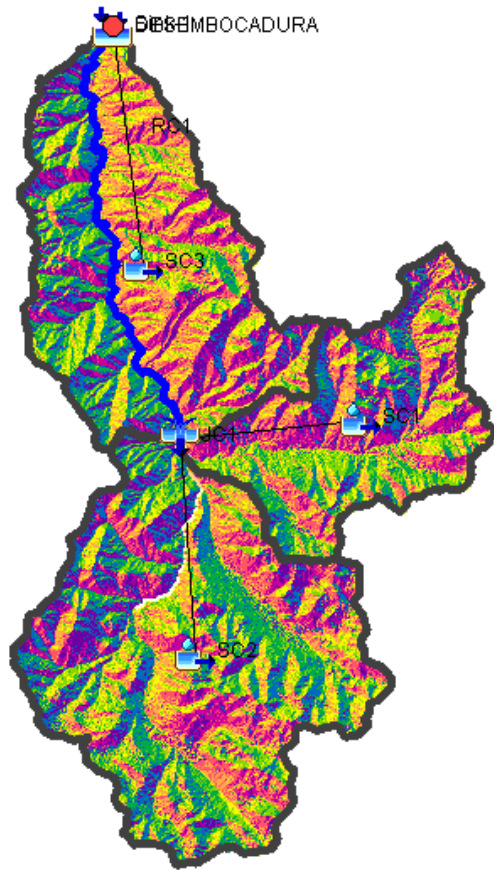


Figura 26. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC1

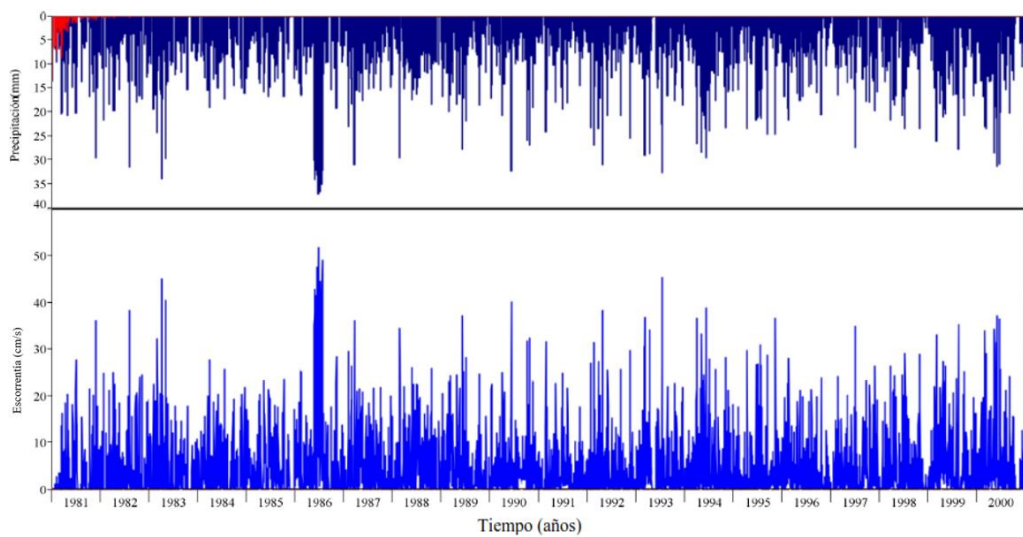


Figura 27. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC2

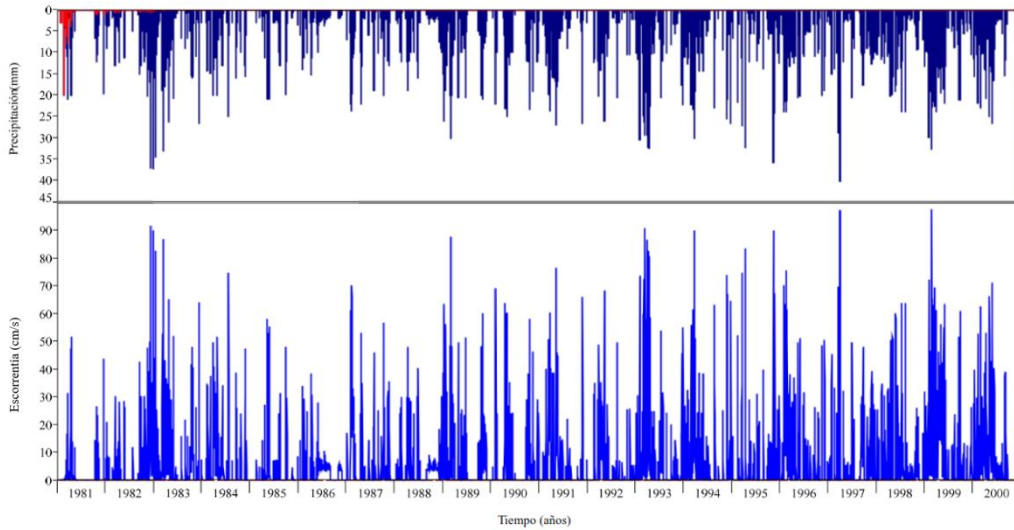


Figura 28. Relación precipitación– escorrentía periodo 1981-2000 M.R.C-SC3

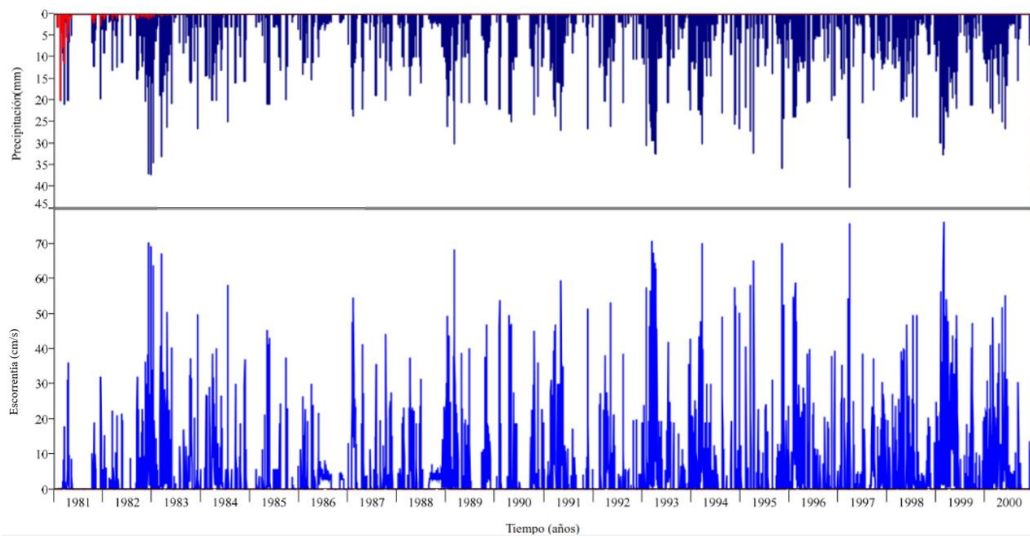


Figura 29. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC1

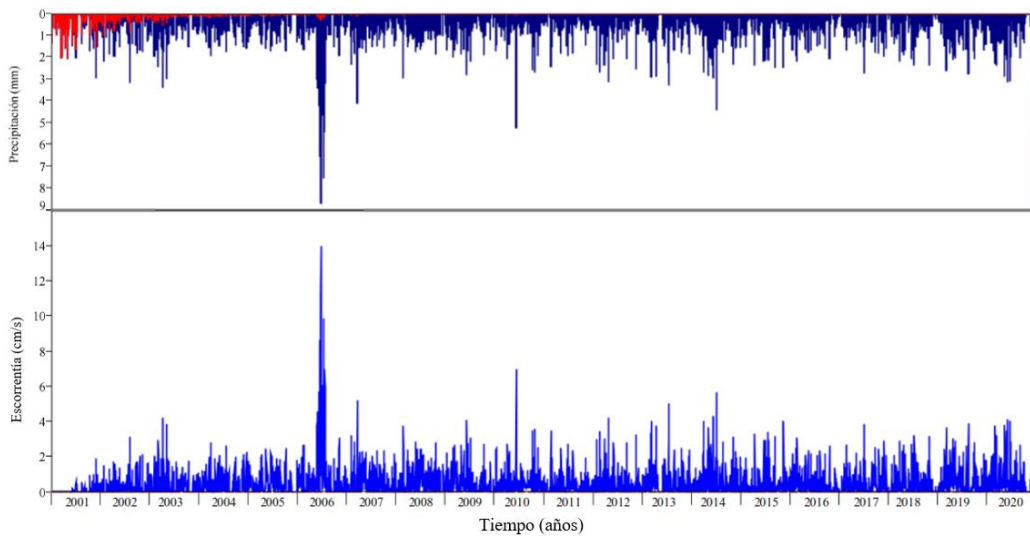


Figura 30. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC2

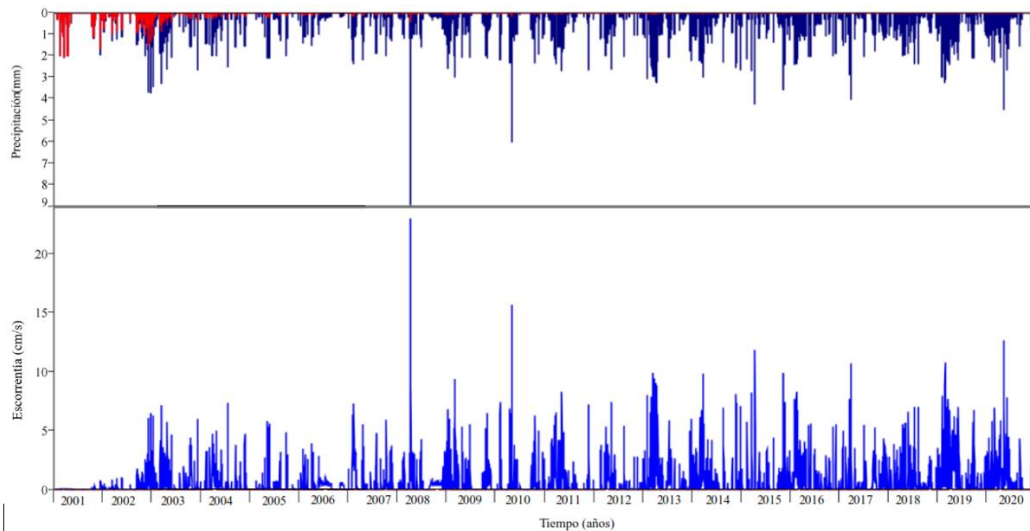
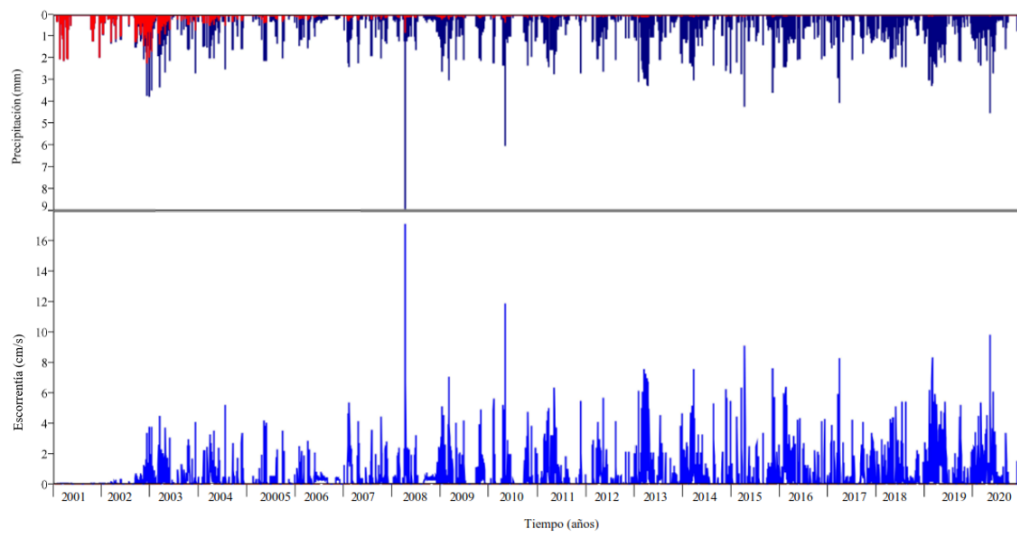


Figura 31. Relación precipitación– escorrentía periodo 2001-2020 M.R.C-SC3



Anexo 4. Concesiones de riego para la provincia de Chimborazo

Tabla 15. Uso y caudal de las concesiones de riego para la M.R.A

Código	Uso	Caudal (l/s)			
			8	ABREVADERO	0,500
			9	ABREVADERO	0,020
1	ABREVADERO	0,010	10	ABREVADERO	0,080
2	RIEGO	2,000	11	RIEGO	13,170
3	ABREVADERO	0,010	12	ABREVADERO	0,060
4	RIEGO	16,350	13	RIEGO	3,890
5	ABREVADERO	0,750	14	ABREVADERO	0,030
6	RIEGO	1,860	15	ABREVADERO	0,020
7	RIEGO	34,800	16	RIEGO	0,920

17	RIEGO	7,500	36	RIEGO	1,710
18	ABREVADERO	0,010	37	RIEGO	6,980
19	RIEGO	11,280	38	RIEGO	1,320
20	ABREVADERO	0,010	39	RIEGO	87,500
21	ABREVADERO	0,110	40	RIEGO	2,490
22	ABREVADERO	0,030	41	RIEGO	1,080
23	RIEGO	1,200	42	RIEGO	0,110
24	RIEGO	5,430	43	RIEGO	1,260
25	RIEGO	2,000	44	RIEGO	1,190
26	ABREVADERO	0,020	45	RIEGO	13,570
27	ABREVADERO	0,100	46	ABREVADERO	0,020
28	RIEGO	1,270	47	RIEGO	0,430
29	RIEGO	22,500	48	ABREVADERO	0,010
30	RIEGO	0,290	49	ABREVADERO	0,020
31	RIEGO	1,030	50	ABREVADERO	0,080
32	ABREVADERO	0,010	51	RIEGO	3,820
33	RIEGO	0,720	52	ABREVADERO	0,006
34	ABREVADERO	0,030	53	ABREVADERO	0,012
35	RIEGO	0,420	54	ABREVADERO	0,100

Tabla 16. Uso y caudal de las concesiones de riego para la M.R.C

Código	Uso	Caudal (l/s)			
1	RIEGO	5,000	11	ABREVADERO	0,090
2	ABREVADERO	0,210	12	RIEGO	2,940
3	ABREVADERO	0,410	13	RIEGO	21,790
4	RIEGO	2,370	14	RIEGO	5,340
5	RIEGO	5,600	15	RIEGO	47,410
6	RIEGO	1,440	16	RIEGO	4,000
7	RIEGO	30,000	17	RIEGO	1,280
8	ABREVADERO	0,800	18	RIEGO	0,890
9	ABREVADERO	0,010	19	RIEGO	1,000
10	ABREVADERO	0,800	20	ABREVADERO	0,130
			21	RIEGO	49,200
			22	RIEGO	2,180

23	RIEGO	10,060	56	RIEGO	8,600
24	ABREVADERO	0,050	57	ABREVADERO	0,220
25	RIEGO	59,400	58	ABREVADERO	0,160
26	RIEGO	3,930	59	ABREVADERO	0,020
27	ABREVADERO	0,200	60	RIEGO	0,870
28	RIEGO	0,900	61	RIEGO	36,000
29	ABREVADERO	0,010	62	ABREVADERO	0,100
30	RIEGO	3,400	63	RIEGO	3,710
31	RIEGO	0,660	64	ABREVADERO	0,040
32	RIEGO	0,190	65	RIEGO	0,960
33	RIEGO	5,000	66	ABREVADERO	0,010
34	RIEGO	1,250	67	ABREVADERO	0,050
35	RIEGO	0,220	68	ABREVADERO	0,210
36	RIEGO	3,200	69	RIEGO	30,550
37	ABREVADERO	0,020	70	RIEGO	4,840
38	ABREVADERO	0,150	71	RIEGO	30,550
39	ABREVADERO	0,080	72	ABREVADERO	0,010
40	RIEGO	2,160	73	ABREVADERO	0,020
41	RIEGO	1,330	74	ABREVADERO	0,870
42	RIEGO	400,000	75	RIEGO	1,800
43	RIEGO	3,270	76	RIEGO	30,000
44	RIEGO	2,880	77	RIEGO	29,560
45	RIEGO	2,570	78	RIEGO	12,550
46	RIEGO	2,400	79	RIEGO	170,000
47	RIEGO	1,910	80	RIEGO	16,490
48	ACUICULTURA	14,000	81	ABREVADERO	0,030
49	ABREVADERO	0,010	82	RIEGO	31,000
50	RIEGO	0,660	83	RIEGO	1,950
51	ABREVADERO	0,030	84	RIEGO	6,740
52	ABREVADERO	0,010	85	RIEGO	5,780
53	RIEGO	40,740	86	RIEGO	0,350
54	RIEGO	2,870	87	RIEGO	1,990
55	RIEGO	0,210	88	ABREVADERO	0,100

89	RIEGO	6,490	122	RIEGO	1,600
90	RIEGO	8,000	123	RIEGO	4,500
91	RIEGO	0,300	124	RIEGO	0,470
92	RIEGO	3,410	125	RIEGO	26,760
93	ABREVADERO	0,110	126	ABREVADERO	0,010
94	RIEGO	105,000	127	RIEGO	5,000
95	RIEGO	0,400	128	ABREVADERO	0,030
96	ABREVADERO	0,010	129	RIEGO	3,500
97	RIEGO	10,290	130	ABREVADERO	0,070
98	ABREVADERO	0,080	131	RIEGO	7,500
99	RIEGO	1,400	132	ABREVADERO	0,010
100	RIEGO	8,500	133	RIEGO	10,000
101	ABREVADERO	1,010	134	RIEGO	44,440
102	RIEGO	1,680	135	ABREVADERO	0,200
103	RIEGO	123,000	136	RIEGO	44,000
104	RIEGO	1,820	137	ABREVADERO	0,020
105	RIEGO	31,600	138	RIEGO	5,000
106	ABREVADERO	0,080	139	ABREVADERO	0,010
107	RIEGO	1,070	140	RIEGO	0,510
108	ABREVADERO	0,010	141	ABREVADERO	0,032
109	ABREVADERO	0,020	142	ABREVADERO	0,040
110	ABREVADERO	0,020	143	RIEGO	0,480
111	RIEGO	3,970	144	RIEGO	2,000
112	RIEGO	291,000	145	RIEGO	13,480
113	ABREVADERO	0,090	146	RIEGO	2,450
114	RIEGO	0,870	147	RIEGO	8,000
115	RIEGO	0,170	148	RIEGO	2,160
116	RIEGO	2,200	149	RIEGO	0,240
117	RIEGO	0,100	150	RIEGO	150,250
118	RIEGO	0,880	151	RIEGO	0,370
119	RIEGO	7,000	152	RIEGO	8,000
120	RIEGO	3,630	153	ABREVADERO	0,010
121	RIEGO	9,600	154	ABREVADERO	0,200

155	ABREVADERO	0,320
156	RIEGO	2,830
157	RIEGO	0,500
158	RIEGO	20,000
159	RIEGO	6,000
160	ABREVADERO	0,140
161	ABREVADERO	0,010
162	RIEGO	2,410
163	RIEGO	10,050
164	RIEGO	2,180
165	ABREVADERO	0,060
166	RIEGO	3,000
167	ABREVADERO	0,060
168	ABREVADERO	0,250
169	RIEGO	0,900
170	ABREVADERO	0,400
171	ABREVADERO	1,400
172	RIEGO	1,750
173	RIEGO	3,500
174	RIEGO	1,870
175	RIEGO	0,110
176	ABREVADERO	0,010
177	ABREVADERO	0,060
178	RIEGO	19,840
179	RIEGO	8,210
180	ABREVADERO	0,350

Anexo 5 Parámetros hidráulicos de la M.R.A y M.R.C

Tabla 17. Parámetros hidráulicos microcuenca del río Alao

Punto	Coordenadas		Altitud (msnm)	Estrato	Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Textura	Porosidad (%)	Mo (%)	Permeabilidad (m/s)
	X	Y								
1	775643	9793085	3237	1	Bosque	Molisol	Franco	62,56	17,16	6,01E-04
				2	Bosque	Molisol	Arenoso franco	65,67	7,22	6,62E-04
				3	Bosque	Molisol	Arenoso franco	61,84	6,83	5,65E-04
				4	Bosque	Molisol	Arenoso franco	62,24	6,24	5,97E-04
2	777220	9794411	3645	1	Cultivo	Andisol	Arcillo limoso	65,60	9,50	6,50E-04
				2	Cultivo	Andisol	Arcillo limoso	66,75	8,35	6,36E-04
				3	Cultivo	Andisol	Arcillo limoso	70,05	8,72	6,41E-04
				4	Cultivo	Andisol	Arcillo limoso	65,06	7,51	6,36E-04

				1	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	63,12	7,17	6,73E-04
				2	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	68,13	5,89	6,58E-04
3	777763	9791834	3201	3	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	57,32	5,63	6,84E-04
				4	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	57,68	5,75	6,95E-04
				1	Cultivo	Inceptisol	Arcillo limoso	61,55	7,37	6,46E-04
				2	Cultivo	Inceptisol	Arcillo limoso	64,61	7,07	6,34E-04
4	776029	9792662	3193	3	Cultivo	Inceptisol	Arcillo limoso	58,00	7,09	6,34E-04
				4	Cultivo	Inceptisol	Arcillo limoso	60,98	6,77	6,26E-04
				1	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	59,73	5,39	6,81E-04
5	768030	9796927	2880	2	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	57,17	4,81	6,93E-04

				3	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	58,40	4,52	6,78E-04
				4	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	55,36	3,73	6,41E-04
				1	Humedales	Andisol	Arcillo limoso	64,52	19,39	6,46E-04
				2	Humedales	Andisol	Arcillo limoso	61,48	21,05	6,93E-04
6	780973	9791725	3295	3	Humedales	Andisol	Arcillo limoso	66,82	22,56	6,78E-04
				4	Humedales	Andisol	Arcillo limoso	60,51	23,04	6,41E-04
				1	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	79,57	20,41	6,37E-04
				2	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	78,14	18,06	6,58E-04
7	779688	9792026	3249	3	Humedales	Inceptisol	Arcilla	79,64	21,19	6,64E-04
				4	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	79,60	18,11	6,72E-04
8	773011	9793702	3177	1	Humedales	Molison	Arcillo limoso	66,20	8,43	6,49E-04

				2	Humedales	Molison	Arcillo limoso	65,85	7,60	6,07E-04
				3	Humedales	Molison	Arcillo limoso	64,17	7,22	6,42E-04
				4	Humedales	Molison	Arcillo limoso	64,55	7,19	6,13E-04
				1	Páramo	Andisol	Arenoso franco	80,52	13,82	6,52E-04
9	775486	9794049	3567	2	Páramo	Andisol	Arcillo limoso	78,57	10,83	6,40E-04
				3	Páramo	Andisol	Arcillo limoso	78,09	13,03	7,50E-04
				4	Páramo	Andisol	Arcillo limoso	79,88	18,10	7,49E-04
				1	Páramo	Molisol	Franco	66,43	7,08	6,73E-04
10	774995	9792317	3279	2	Páramo	Molisol	Arcillo limoso	69,07	6,67	6,41E-04
				3	Páramo	Molisol	Arcilla	63,82	6,31	6,34E-04
				4	Páramo	Molisol	Limoso	64,10	6,19	6,53E-04
11	778329	9791752	3204	1	Pasto Cultivado	Entisol	Franco Pesado	78,48	15,67	6,60E-04

				2	Pasto Cultivado	Entisol	Arcillo limoso	69,75	11,36	6,61E-04
				3	Pasto Cultivado	Entisol	Arcillo limoso	70,18	13,31	6,62E-04
				4	Pasto Cultivado	Entisol	Arcillo limoso	68,59	11,86	6,59E-04
				1	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arenoso franco	66,19	11,66	6,88E-04
12	777730	9792565	3238	2	Pasto Cultivado	Inceptisol	Franco	68,31	11,62	6,86E-04
				3	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arcillo limoso	72,25	12,30	6,91E-04
				4	Pasto Cultivado	Inceptisol	Franco	73,08	15,32	6,90E-04
				1	Pasto Cultivado	Molisol	Arcillo limoso	59,73	7,83	6,78E-04
				2	Pasto Cultivado	Molisol	Arcillo limoso	57,17	7,30	7,00E-04
13	771978	9794529	3346	3	Pasto Cultivado	Molisol	Arcillo limoso	58,40	6,52	6,67E-04
				4	Pasto Cultivado	Molisol	Arcillo limoso	55,36	6,47	6,84E-04

Tabla 18. Parámetros hidráulicos de la microcuenca del río Cebadas

Punto	Coordenadas		Altitud (msnm)	Estrato	Cobertura vegetal	Tipo de suelo	Textura	Porosidad (%)	Mo (%)	Permeabilidad (m/s)
	X	Y								
1	76277 2	978624 9	3008	1	Bosque	Entisol	Arenoso franco	53.83	3.30	3.28E-04
				2	Bosque	Entisol	Arenoso franco	55.66	2.56	6.01E-04
				3	Bosque	Entisol	Arenoso franco	56.14	2.49	6.73E-04
				4	Bosque	Entisol	Arenoso franco	60.88	2.61	6.17E-04
2	76842 2	976259 9	3623	1	Cultivo	Andisol	Arcilla	72.57	19.20	6.91E-04
				2	Cultivo	Andisol	Arcilla	70.94	18.40	6.59E-04
				3	Cultivo	Andisol	Arcilla	72.53	16.14	6.63E-04
				4	Cultivo	Andisol	Arcilla	68.19	12.21	6.74E-04
3	76320 3	979093 3	3067	1	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	67.79	7.72	6.68E-04

				2	Cultivo	Entisol	Franco limoso	67.55	7.29	6.73E-04
				3	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	67.07	6.79	6.43E-04
				4	Cultivo	Entisol	Arcillo limoso	62.59	5.57	6.39E-04
				1	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	72.93	20.87	6.35E-04
4	76295	975546	3706	2	Cultivo	Molisol	Arcilla	70.43	18.02	6.44E-04
	8	7		3	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	69.12	16.43	6.65E-04
				4	Cultivo	Molisol	Arcillo limoso	68.68	12.99	5.50E-04
				1	Humedales	Andisol	Arenoso franco	58.51	5.69	6.08E-04
5	76564	977262	3321	2	Humedales	Andisol	Franco	55.98	5.34	6.20E-04
	8	6		3	Humedales	Andisol	Franco	61.73	7.46	5.93E-04
				4	Humedales	Andisol	Arenoso franco	59.41	5.90	6.10E-04
6	76570	978002	3550	1	Humedales	Entisol	Arenoso franco	64.01	6.81	6.15E-04
	6	7								

				2	Humedales	Entisol	Franco arenoso	66.23	6.90	6.46E-04
				3	Humedales	Entisol	Franco arenoso	63.58	6.76	6.33E-04
				4	Humedales	Entisol	Arcillo limoso	62.67	6.60	6.66E-04
				1	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	63.53	6.61	6.67E-04
7	76538	978526	3354	2	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	58.79	25.99	6.67E-04
	5	2		3	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	62.60	5.23	6.66E-04
				4	Humedales	Inceptisol	Arcillo limoso	56.27	3.76	6.33E-04
				1	Humedales	Molisol	Arenoso franco	60.93	2.36	6.65E-04
8	76522	978038	3279	2	Humedales	Molisol	Arenoso franco	58.28	2.83	6.57E-04
	3	5		3	Humedales	Molisol	Arenoso franco	57.47	2.46	6.33E-04

				4	Humedales	Molisol	Arenoso franco	58.49	2.64	6.21E-04
				1	Páramo	Andisol	Arenoso franco	57.15	3.15	6.78E-04
9	76499	977394	3213	2	Páramo	Andisol	Arenoso franco	58.44	2.33	6.07E-04
	2	0		3	Páramo	Andisol	Arenoso franco	59.61	3.03	6.37E-04
				4	Páramo	Andisol	Arenoso franco	59.62	3.07	6.55E-04
				1	Páramo	Entisol	Arcillo limoso	57.72	4.90	6.39E-04
10	76739	976977	3289	2	Páramo	Entisol	Arcillo limoso	58.61	6.10	6.37E-04
	0	9		3	Páramo	Entisol	Arcillo limoso	57.68	4.78	6.05E-04
				4	Páramo	Entisol	Franco arenoso	62.80	6.96	6.08E-04
11	76512	978816	3494	1	Páramo	Inceptisol	Arcillo limoso	66.71	6.76	6.41E-04
	5	5								

				2	Páramo	Inceptisol	Arcillo limoso	66.15	8.98	6.32E-04
				3	Páramo	Inceptisol	Arcillo limoso	66.76	8.64	6.67E-04
				4	Páramo	Inceptisol	Arcillo limoso	56.54	4.10	6.50E-04
				1	Páramo	Molisol	Arcillo limoso	79.64	23.54	6.45E-04
12	76674	975111		2	Páramo	Molisol	Arcillo limoso	80.54	23.87	1.91E-04
	3	5	3766	3	Páramo	Molisol	Arcillo limoso	79.46	23.32	4.55E-04
				4	Páramo	Molisol	Arcilla	81.20	22.96	6.31E-04
				1	Pasto Cultivado	Andisol	Arcillo limoso	78.46	22.42	6.48E-04
13	77235	975752		2	Pasto Cultivado	Andisol	Arcillo limoso	82.58	23.54	6.51E-04
	5	4	3490	3	Pasto Cultivado	Andisol	Arcillo limoso	82.98	18.98	6.28E-04
				4	Pasto Cultivado	Andisol	Arcillo limoso	81.67	17.33	6.23E-04

				1	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arcillo limoso	72.39	17.00	6.35E-04
14	76486	975692	3599	2	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arcillo limoso	72.59	12.96	6.38E-04
	4	5		3	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arcillo limoso	71.51	12.44	6.76E-04
				4	Pasto Cultivado	Inceptisol	Arcillo limoso	70.63	11.22	6.73E-04
				1	Pasto Cultivado	Molisol	Arena	48.99	1.86	4.37E-04
15	76308	978295	3086	2	Pasto Cultivado	Molisol	Arena	47.21	1.50	7.31E-04
	0	2		3	Pasto Cultivado	Molisol	Arena	43.51	1.64	6.44E-04
				4	Pasto Cultivado	Molisol	Arenoso franco	54.37	1.82	6.82E-04
				1	Zona erosionada	Inceptisol	Arena	57.15	3.15	6.78E-04
16	76065	978005	3651	2	Zona erosionada	Inceptisol	Arena	58.44	2.33	6.07E-04
	9	7		3	Zona erosionada	Inceptisol	Arena	59.61	3.03	6.37E-04
				4	Zona erosionada	Inceptisol	Arena	59.62	3.07	6.55E-04
				1	Zona urbana	Entisol	Arenoso franco	63.20	3.01	6.79E-04
17	76380	977812	3193	2	Zona urbana	Entisol	Arenoso franco	60.21	3.39	6.39E-04
	8	6								

3	Zona urbana	Entisol	Arenoso franco	61.22	3.55	4.62E-04
4	Zona urbana	Entisol	Franco	57.76	2.56	5.73E-04

Anexo 6. Caudal promedio de las microcuencas M.R.A y M.R.C

Tabla 19. Caudal medio Calculado de la M.R.A

Promedio de CAUDAL													
Etiquetas de columna													
Etiquetas de fila	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total general
1981	0,0000	0,0000	0,0065	0,0633	0,1194	0,2233	0,4484	0,2032	0,1600	0,2290	0,4833	0,3323	0,1901
1982	0,2387	0,1250	0,3548	0,8367	0,5032	0,3233	0,4968	0,6871	0,2833	0,6000	0,2800	0,7097	0,4562

1983	0,2935	0,7000	0,8484	0,8400	1,1129	0,3467	0,4806	0,5065	0,6567	0,2903	0,1533	0,2742	0,5411
1984	0,2677	0,6276	0,6032	0,4900	0,5871	0,8933	0,8226	0,1645	0,6567	0,4194	0,6000	0,3452	0,5380
1985	0,7387	0,2393	0,3258	0,6733	1,0129	0,9133	0,5968	0,9161	0,2500	0,5903	0,3000	0,1742	0,5638
1986	0,8613	0,7214	0,7452	0,7300	1,0097	2,7300	2,6484	0,3258	0,3967	0,3710	0,5467	0,4968	0,9658
1987	0,1000	1,2000	0,4935	0,9967	1,1645	0,4433	0,7258	0,8161	0,7133	0,6581	0,1700	0,6000	0,6701
1988	0,2387	0,7828	0,6387	0,6833	0,9419	0,7967	1,3968	0,7548	0,8067	0,9097	0,4967	0,1355	0,7150
1989	0,4774	0,5357	1,4258	0,4967	0,8032	1,0367	0,5452	0,1355	0,4133	0,6516	0,1200	0,1903	0,5701
1990	0,4194	0,3607	0,4194	0,5733	0,4645	0,9500	0,4839	0,5065	0,5167	0,7097	0,4500	0,2516	0,5088
1991	0,2097	0,4107	0,4032	0,3800	0,6387	0,5433	0,5968	0,4387	0,1233	0,3452	0,4633	0,1613	0,3929
1992	0,3129	0,5759	0,6387	0,8467	0,4645	0,4100	0,6226	0,3000	0,5300	0,1968	0,3733	0,1710	0,4519
1993	0,4419	0,5321	1,2677	0,7933	0,0581	0,7000	0,8774	0,4742	0,3400	0,5226	0,3367	0,5194	0,5726
1994	0,3258	0,3500	0,8548	0,7800	0,9387	1,0467	0,6581	0,6774	0,3433	0,3065	0,8400	0,3935	0,6271
1995	0,2613	0,2429	0,2194	0,6267	0,5129	0,5200	1,1226	0,3161	0,4400	0,4258	0,6000	0,3871	0,4740
1996	0,5290	0,9655	0,4774	0,5300	0,4419	0,4967	0,5000	0,5226	0,4267	0,3194	0,1533	0,1742	0,4593
1997	0,1839	0,9107	0,3806	0,6367	0,4871	0,4800	0,4903	0,2516	1,0067	0,2161	0,8400	0,3323	0,5123
1998	0,2355	0,5250	0,5387	0,9267	0,5516	0,8367	0,9226	0,5129	0,2733	0,6968	0,1367	0,0806	0,5195
1999	0,3000	0,7643	0,6935	1,2533	1,0355	0,8667	0,5871	0,5677	0,7167	0,3452	0,2933	0,7419	0,6786
2000	0,4581	0,7552	0,5839	0,7933	1,5129	0,8267	0,3355	0,6032	0,6267	0,1097	0,1667	0,6419	0,6172
2001	0,3355	0,5107	0,6065	0,6433	0,9226	0,8167	0,4677	0,4065	0,6233	0,0677	0,5433	0,3161	0,5203
2002	0,2290	0,4000	0,3226	0,9033	0,5548	0,6700	0,4548	0,0581	0,4367	0,4968	0,7467	0,3161	0,4638
2003	0,5000	0,3750	0,4000	0,8233	0,6613	0,6167	0,5774	0,1484	0,4067	0,5000	0,6067	0,5226	0,5115
2004	0,5710	0,6310	0,6935	0,9767	0,6871	0,4933	0,8935	0,3129	0,2667	0,8613	0,7933	0,4097	0,6325
2005	0,1645	0,7536	0,8935	0,8800	0,4806	1,0400	0,2806	0,1129	0,1233	0,4613	0,2333	0,7097	0,5085

2006	0,2355	0,4000	0,3935	0,7633	0,3129	0,1533	0,0226	0,5065	0,4767	0,4161	0,4167	0,4323	0,3764
2007	0,5032	0,3464	0,5484	0,5433	0,5806	1,3333	0,3581	1,0129	0,5167	0,4032	0,7233	0,6903	0,6307
2008	0,7000	0,9724	0,5839	0,8567	0,9419	0,9700	1,2161	0,8161	0,9367	1,1516	0,7767	0,1806	0,8407
2009	0,8355	0,9321	0,7258	0,0000	0,0452	0,8367	1,1935	0,7484	0,2867	0,9903	0,0800	0,4645	0,5953
2010	0,3742	0,1893	0,8613	1,1167	1,4774	1,5467	0,9032	0,6194	0,6567	1,1935	1,2533	1,4903	0,9781
2011	0,7226	1,3964	0,5903	1,8033	1,0806	1,5400	1,9710	0,5677	1,0400	0,5226	0,8667	1,3935	1,1203
2012	1,0613	0,5586	0,6516	1,3800	1,6065	0,6733	0,9387	0,6645	0,6967	1,0484	0,6533	0,4839	0,8699
2013	0,6677	1,0964	0,7161	0,5733	0,7194	0,5467	1,1710	0,2516	0,6733	0,4323	0,6600	0,1677	0,6362
2014	0,6581	0,2607	1,1935	0,5767	1,7677	0,7067	0,9258	0,9742	0,8167	0,5935	0,5733	1,1226	0,8542
2015	1,1355	0,1214	1,4452	1,4333	2,2000	1,0100	0,8226	0,5452	0,5300	0,8258	0,9600	0,7871	0,9918
2016	0,5806	1,0000	1,4968	1,5567	1,0129	1,2900	0,5290	0,5452	0,8767	0,7387	0,7533	0,6742	0,9186
2017	1,3226	1,1536	1,5129	1,5367	1,2710	1,1000	0,6935	0,6645	0,6700	0,5968	1,0600	1,2161	1,0655
2018	1,0419	1,6857	0,8903	1,1633	1,2258	0,9067	0,7581	0,7323	0,3333	0,9032	1,1233	0,7484	0,9542
2019	0,9677	1,2071	0,9968	1,1400	1,1129	1,0133	0,5710	0,6903	0,2633	0,8000	0,8400	0,9774	0,8797
2020	0,8032	0,7966	0,5226	1,4467	1,2871	0,9733	0,6097	0,1774	0,3167	0,2290	0,3333	0,8323	0,6926
2021	1,6290	1,1036	1,1677	1,2300	1,0903	1,4433	0,3194	0,1871	0,2367	0,8484	0,9967	1,2226	0,9548
Total general	0,5349	0,6647	0,7105	0,8609	0,8634	0,8552	0,7570	0,4981	0,5089	0,5608	0,5560	0,5432	0,6590

Tabla 20. Caudal medio Calculado de la M.R.C

Etiquetas de fila	Promedio de CAUDAL												
	ene	feb	mar	abr	may	jun	jul	ago	sep	oct	nov	dic	Total general
1981	0,0000	0,0000	0,0000	0,0067	0,0032	0,0500	0,1516	0,0839	0,0667	0,1226	0,2767	0,2226	0,0825
1982	0,2000	0,0821	0,2710	0,6467	0,4677	0,2033	0,3710	0,4613	0,4700	0,8452	0,9333	3,0516	0,6729
1983	1,3677	0,7500	3,0258	2,9500	1,8000	0,3067	0,4581	0,5258	0,6333	2,7839	0,3233	0,7774	1,3159
1984	0,2161	1,3966	1,5161	3,4100	1,1290	1,4100	1,8516	0,1806	1,5567	0,6032	1,2167	0,3871	1,2314
1985	0,5839	0,2500	0,2871	1,0800	3,8903	0,7800	0,6516	1,2032	0,6067	0,8548	0,2933	0,2000	0,8975
1986	0,9710	1,1679	0,8903	1,7100	1,3710	4,5300	3,3065	1,0645	0,3333	0,3000	1,1867	0,4097	1,4334
1987	0,2097	6,4464	0,8129	2,1433	1,1065	0,5233	1,2065	0,8774	0,9233	2,0839	1,2733	0,4968	1,4712
1988	0,3194	1,8966	0,6129	4,2767	1,5419	1,6167	1,2258	0,6161	1,4867	1,5677	1,2233	1,2065	1,4560
1989	3,0452	1,7214	4,4968	1,0200	1,4387	2,5833	0,4871	0,1129	0,4867	1,9290	2,2300	0,1645	1,6430
1990	0,3839	1,9321	0,3484	2,5700	2,3000	1,5167	0,4194	0,4194	0,5833	2,9839	0,9767	0,7839	1,2611
1991	0,2968	1,4571	4,0581	1,6467	3,7839	1,0033	0,6226	0,7710	0,1067	0,3355	1,3867	0,2000	1,3074
1992	0,2548	1,4931	1,4516	3,3833	1,2548	0,7333	0,7032	0,7581	0,5767	0,3710	0,5567	0,2968	0,9798
1993	1,0710	2,9214	7,2903	5,9867	1,2065	0,6433	3,7097	0,6290	0,5033	1,0484	0,5133	2,0032	2,2929
1994	1,7516	1,7429	5,3968	2,0433	2,1419	1,2500	0,7677	2,3452	0,3267	0,5032	3,1667	1,4161	1,9079

1995	0,3581	1,0393	1,3935	2,1700	1,0258	0,7467	1,9548	0,7645	0,4300	0,7903	3,1267	1,3290	1,2586
1996	1,4194	6,9414	2,3516	2,9000	1,9581	1,0767	1,0548	0,6065	0,6933	0,8097	0,5467	1,2613	1,7790
1997	1,1903	1,2429	2,2903	1,3367	0,5935	0,9233	0,9645	0,2290	3,8467	0,4645	2,5633	1,7548	1,4438
1998	0,6968	1,7821	2,0871	3,0533	3,9613	1,7733	2,4806	1,9129	0,3533	1,2806	1,3100	0,5129	1,7685
1999	1,2774	5,1250	5,3032	5,1567	4,6129	2,7300	0,8226	0,8419	3,0833	0,6484	0,4700	1,5290	2,6104
2000	1,8452	2,7172	3,0903	3,2833	5,6871	2,7167	0,4452	0,7097	1,6600	0,0935	0,2900	1,7806	2,0232
2001	2,2677	1,2679	3,6032	1,5233	2,1742	2,4433	1,0323	0,7258	0,8133	0,2258	1,3700	0,9097	1,5318
2002	0,5194	1,1643	1,4290	3,4033	1,3290	1,6233	0,8097	0,1258	0,3767	1,2806	2,5500	1,3355	1,3230
2003	0,5968	1,2714	1,1419	2,9167	0,6968	1,3833	1,1548	0,1290	0,6133	0,9355	1,6400	1,2710	1,1395
2004	0,8323	1,3310	1,2355	2,8667	3,6161	0,7133	1,2484	0,5129	0,7400	2,2452	2,7267	1,9677	1,6705
2005	0,2871	1,1857	3,1290	3,6333	0,9968	1,4333	0,2903	0,1484	1,0233	1,5290	0,2667	2,6161	1,3775
2006	1,1000	1,3179	2,9323	2,1133	0,3903	1,1167	0,0806	0,8161	0,5900	1,0548	2,6000	2,3323	1,3682
2007	1,4355	0,8643	2,7677	2,7267	1,7323	3,3467	0,9065	2,1806	0,4933	1,6581	2,2267	1,2581	1,8030
2008	2,0968	3,1724	2,3742	1,9567	3,0258	1,7033	1,4355	0,9806	1,0067	1,5968	1,5000	0,6968	1,7907
2009	1,8645	2,1929	1,4000	0,8367	0,7806	1,7667	1,6097	1,3290	0,8167	1,6032	0,2300	0,8710	1,2715
2010	0,3968	0,9607	1,4806	2,4200	2,8387	2,3533	1,8097	0,9903	1,1500	1,7774	1,8800	3,8129	1,8282
2011	1,6903	3,8036	2,1226	7,6000	2,1903	1,9600	3,6484	0,9968	1,4700	2,3839	5,0233	2,2806	2,9118
2012	2,8645	1,9414	1,1419	5,8667	1,9742	0,8133	1,1194	0,6903	0,7600	1,9484	1,1900	0,5000	1,7284
2013	1,4677	2,0321	1,2032	1,1433	3,6968	1,0533	2,2516	0,3419	0,8267	1,3484	1,6067	1,5194	1,5411
2014	1,8839	1,2429	2,7290	1,3500	4,1806	1,8300	1,1516	1,1903	1,8200	1,8290	1,3167	2,3032	1,9112
2015	2,4194	1,0071	4,0742	2,9333	2,6355	2,4467	1,6645	2,0806	2,0067	3,1871	3,7200	3,0065	2,6096
2016	2,2710	3,8448	5,7484	6,0067	3,9032	4,9733	2,0194	2,1161	3,3700	2,8645	2,9000	2,5935	3,5410

2017	5,1065	4,4500	5,7806	5,9267	4,9000	4,2033	2,6452	2,6065	2,6033	2,3097	4,0767	4,6419	4,1003
2018	4,0194	6,4821	3,4194	4,4967	4,7484	5,1033	2,8968	2,8581	1,3000	3,4871	4,3067	2,8581	3,8099
2019	3,7452	4,6357	3,8194	4,3833	4,2613	3,9167	2,2387	2,6645	1,0033	3,0839	3,2700	3,7516	3,3904
2020	3,1097	3,0828	2,0000	5,5467	4,9774	3,7267	2,3516	0,7161	1,2367	0,9258	1,2867	3,1839	2,6735
2021	6,2742	4,2321	4,5226	4,7000	4,2161	5,5133	1,2645	0,7355	0,9267	3,2806	3,8633	4,7032	3,6808
Total general	1,5538	2,2870	2,5617	3,0518	2,4522	1,9644	1,3972	0,9768	1,0652	1,4872	1,7906	1,6633	1,8497

Anexo 7 Registro fotográfico

Ilustración 1 Evidencia fotográfica



