

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

*Trabajo de titulación previo a
la obtención del título de
Ingeniera Ambiental*

TRABAJO EXPERIMENTAL:

**“PROPUESTA DE UN MODELO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO
FORESTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO QUINGEO”**

AUTORAS:

JENNY MARIBEL SINCHI BANEGAS
KATHERINE VALERIA GÓMEZ BUENO

TUTOR:

ING. JUAN EDUARDO CARPIO SACOTO, M.Sc.

CUENCA - ECUADOR

2021

CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Nosotras, Jenny Maribel Sinchi Banegas con documento de identificación N° 0150768521 y Katherine Valeria Gómez Bueno con documento de identificación N° 0106889876, manifestamos nuestra voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autoras del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE UN MODELO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO QUINGEO”**, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de: *Ingeniera Ambiental*, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autoras nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Jenny Maribel Sinchi Banegas

C.I. 0150768521



Katherine Valeria Gómez Bueno

C.I. 0106889876

CERTIFICACIÓN

Yo, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE UN MODELO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO QUINGEO”**, realizado por Jenny Maribel Sinchi y Katherine Valeria Gómez Bueno, obteniendo el *Trabajo Experimental* que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, junio de 2021.



Ing. Juan Carpio Sacoto, M.Sc.

C.I. 0102185568

DECLARATORIA DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, Jenny Maribel Sinchi Banegas con documento de identificación N° 0150768521 y Katherine Valeria Gómez Bueno con documento de identificación N° 0106889876, autoras del trabajo de titulación: **“PROPUESTA DE UN MODELO DE RESTAURACIÓN HIDROLÓGICO FORESTAL EN LA MICROCUENCA DEL RÍO QUINGEO”**, certificamos que el total contenido del *Trabajo Experimental*, es de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Cuenca, junio de 2021.



Jenny Maribel Sinchi Banegas

C.I. 0150768521



Katherine Valeria Gómez Bueno

C.I. 0106889876

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecemos a Dios por bendecir nuestras vidas a lo largo de la carrera y por ser nuestro amparo en tiempos de dificultad.

El agradecimiento sincero a nuestros padres por ser los principales promotores de este gran sueño, por confiar y creer siempre en nuestras expectativas.

El agradecimiento especial al Ing. Juan Carpio, por su apoyo en este proyecto, por su paciencia, confianza y por convertirse en un buen amigo.

De igual forma a la Universidad Politécnica Salesiana por haber sido nuestro segundo hogar durante estos años de estudio.

***Jenny Sinchi
Valeria Gómez***

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón este trabajo a Dios, por haberme permitido culminar con éxito mi tan anhelada carrera y brindado la oportunidad de compartir esta alegría con mis padres, por darme salud y fortaleza para lograr este objetivo y por su infinita bondad y amor en todo momento.

A mis padres Vicente Sinchi y Julia Banegas, por ser el pilar más importante en mi vida porque sin su apoyo, paciencia y amor este sueño no sería posible, gracias por velar por mi bienestar, por su motivación constante y por depositar su entera confianza en mí, sin dudar ni un solo momento de mi responsabilidad y capacidad, siempre serán la razón de mi vida.

A mis hermanos Pablo, Rosa, Ana, Blanca, y Bertha por impulsarme cada día a ser mejor, por darme fortaleza e inspiración, por su amor y cariño este logro también es de Uds.

A mis amigos Ing. María Gracia López e Ing. Wilmer Robles, por su amistad incondicional, por su confianza y por alentarme todos los días para lograr ser alguien mejor.

A mi mejor amiga Jessica, por estar en los buenos y malos momentos a mi lado, diciéndome a diario que, si podía lograrlo, gracias por tu amistad infinita.

A toda mi familia y amigos, que de una u otra forma contribuyeron a mi realización profesional Dios les pague tanto cariño y amor.

Jenny

DEDICATORIA

Siempre has estado conmigo, en los momentos de felicidad y tristeza y hoy que me has dado la sabiduría y fuerza para cumplir uno de los sueños más importantes de mi vida, como no agradecerte mi Dios, porque con tu bendición sé que todo es posible y que por más duros obstáculos que se presenten, no hay límites para lograr todo lo que se proponga.

Así mismo a las personas más importantes de mi corazón, a mis padres Francisco y María, ya que, sin su amor y apoyo, nada de esto hubiera sido posible, porque, aunque no estén físicamente a mi lado, todos los días los sentí y ahora mismo los siento tan cerca.

Y finalmente al amor de mi vida, Panchito, porque eres mi inspiración desde el día que te tuve entre mis brazos.

Valeria

RESUMEN

La erosión es uno de los principales mecanismos de la desertificación a nivel nacional y regional, en el Ecuador ocurren numerosos eventos naturales que condicionan o favorecen los procesos de degradación de los suelos, el problema radica en la actividad humana, que sobreexplota los ecosistemas convirtiéndolos en áreas estériles, erosionadas y contaminadas debido al manejo ineficiente de los recursos.

En los últimos años las unidades hidrográficas del Ecuador enfrentan fuertes problemas de erosión, por ello se considera necesario efectuar actividades para la conservación, defensa y recuperación de los recursos suelo y agua, para el logro de tales fines se han empleado los modelos de restauración hidrológico forestal, que persiguen una planificación dinámica de las cuencas hidrográficas y permiten una gestión sostenible e integrada de los recursos naturales, siendo lo más importante en nuestro contexto la protección del suelo frente a la erosión y la desertificación.

Por tal motivo se ha planteado como propuesta un Modelo de Restauración Hidrológico Forestal en la microcuenca del río Quingeo, a partir del análisis de información geográfica, física e hidrológica, misma que permitió determinar las pérdidas del suelo mediante el modelo USLE, así también la planificación de los usos de suelo mediante la ordenación de la microcuenca, esto con el objetivo principal de reducir la erosión que tiene lugar en la superficie de estudio.

ABSTRACT

Erosion is one of the main mechanisms of desertification at national and regional level in Ecuador, in the daily basis several natural events occur that alter or favor the processes of soil degradation, and for that reason the problem lies mainly in human activity, which overexploits ecosystems, turning them into sterile, eroded and contaminated areas due to inefficient resource management.

In recent years, the hydrographic units of Ecuador face strong erosion problems, for this reason it is considered necessary to prioritize activities for the conservation, defense and recovery of soil and water resources, for the achievement of such purposes hydrological forestry restoration models have been used, which pursue a dynamic planning of the hydrographic micro-basin and allow a sustainable and integrated management of natural resources, being the most important in our context the protection of the soil against erosion and desertification.

Therefore, there has been a proposal for a Forest Hydrological Restoration Model in the Quingeo river micro-basin, based on the analysis of geographical, physical and hydrological information, which allowed determining soil losses through the USLE model, as well as planning of land uses through the management of the micro-basin, this with the main objective of reducing the erosion that takes place on the study surface.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	1
INTRODUCCIÓN	1
1.1. Planteamiento del problema	1
1.2. Revisión bibliográfica y análisis del problema.....	1
1.3. Justificación	3
1.4. Delimitación temporal	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. Objetivo General	4
1.5.2. Objetivos Específicos	4
CAPITULO II	5
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	5
2.1. Conceptos básicos	5
2.2. Delimitación de unidades hidrográficas	6
2.3. Morfometría de una cuenca hidrográfica.....	6
2.3.1. Parámetros generales.....	6
2.3.2. Parámetros de forma.....	7
2.3.3. Parámetros de relieve	10
2.3.4. Parámetros de la red de drenaje.....	13
2.4. Hidrología.....	18
2.4.1. Ciclo hidrológico.....	18
2.4.2. Precipitación.....	18
2.4.3. Evaporación.....	18
2.4.4. Infiltración.....	18
2.4.5. Escorrentía.....	19
2.4.6. Evapotranspiración (ET)	19
2.5. Edafología.....	19
2.6. Clima	22
2.6.1. Precipitación atmosférica	22
2.6.2. Temperatura	22
2.6.3. Datos climáticos	23
2.6.4. Bioclimatología	23
2.6.5. Índices climáticos relacionados con la humedad	24

2.6.6.	Balance hídrico.....	25
2.6.7.	Índices climáticos relacionados con la torrencialidad.....	27
2.7.	Pérdidas de suelo	28
2.7.1.	Estructura de la USLE.....	29
2.7.2.	Erosión actual.....	36
2.7.3.	Degradación específica	36
2.7.4.	Ordenación de una cuenca hidrográfica	37
CAPITULO III.....		39
DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....		39
3.1.	Delimitación geográfica	39
3.2.	Delimitación sectorial.....	41
3.3.	Medio físico.....	41
3.3.1.	Edafología	41
3.3.2.	Fisiografía.....	44
3.3.3.	Uso de suelo	45
3.4.	Climatología y meteorología	46
3.4.1.	Precipitación.....	49
3.4.2.	Temperatura mínima, media y máxima.....	50
3.4.3.	Precipitación y temperatura media mensual espacial.....	52
3.4.4.	Precipitación y temperatura media mensual temporal	52
3.4.5.	Índices climáticos relacionados con la humedad	54
3.4.6.	Clasificación bioclimática.....	57
3.5.	Medio Biótico.....	58
3.5.1.	Vegetación.....	58
3.6.	Medio Socioeconómico	60
3.6.1.	Demografía.....	60
3.6.2.	Actividad económica.....	62
3.6.3.	Áreas protegidas.....	64
CAPITULO IV.....		66
4.	METODOLOGÍA	66
4.1.	Metodología.....	66
4.1.1.	Caracterización morfométrica.....	66

4.1.2.	Pérdidas de suelo mediante la ecuación USLE	69
4.1.3.	Ordenación de la microcuenca	71
CAPÍTULO V		74
5.	Resultados y discusión	74
5.1.	Morfometría de la microcuenca.....	74
5.1.1.	Parámetros generales.....	74
5.1.2.	Parámetros de forma.....	74
5.1.3.	Parámetros de relieve	75
5.1.4.	Parámetros de la red de drenaje.....	78
5.2.	Tasa de erosión mediante la ecuación USLE	80
5.2.1.	Erosión actual.....	87
5.2.2.	Degradación específica	88
5.3.	Ordenación de la microcuenca	89
5.3.1.	Estudio de la problemática	89
5.3.2.	Establecimiento de los objetivos y selección de las actividades	90
5.3.3.	Selección de elementos que caracterizan a la microcuenca	91
5.3.4.	Estudio de la capacidad de acogida de las actividades:	91
5.3.5.	Estudio del grado de conveniencia.....	92
5.3.6.	Adecuación del medio para la realización de actividades.....	93
5.3.7.	Propuesta de actividades para optimizar los objetivos.....	94
5.3.8.	Propuesta de actuaciones.....	95
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	99
6.1.	CONCLUSIONES	99
6.2.	RECOMENDACIONES	100
7.	REFERENCIAS	100
8.	ANEXOS.....	106

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Forma de una cuenca a partir del coeficiente de Gravelius	8
Tabla 2: Relación Forma Horton	9
Tabla 3: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media	10
Tabla 4: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media del cauce principal..	11
Tabla 5: Clases de masividad.....	12
Tabla 6: Clasificación de la densidad de drenaje.....	14
Tabla 7: Rangos de Tc en minutos.....	18
Tabla 8: Clasificación Bioclimática del Ecuador Continental	23
Tabla 9: Clasificación de bioclimas tropicales	24
Tabla 10: Clasificación del régimen hídrico	26
Tabla 11: Clasificación climática (porcentaje)	27
Tabla 12: Clasificación de IFM para Latinoamérica	28
Tabla 13: Valor de m en función del porcentaje de inclinación de la pendiente	32
Tabla 14: Condiciones para la estimación del Factor S	33
Tabla 15: Etapas de cultivos	33
Tabla 16: Valores del factor C tabulados para áreas forestales sin alteración	34
Tabla 17: Factor C para diferentes cultivos	35
Tabla 18: Valores del factor P.....	35
Tabla 19: Clasificación de los grados de erosión.....	36
Tabla 20: Ubicación geográfica de la microcuenca hidrográfica	39
Tabla 21: Superficie de los términos parroquiales que forman parte de la microcuenca hidrográfica.....	41
Tabla 22: Clasificación de suelos microcuenca del río Quingeo.	41
Tabla 23: Usos de suelo	45
Tabla 55: Resultados obtenidos prueba de Rachas	48
Tabla 24: Estaciones pluviométricas cercanas a la microcuenca del río Quingeo.....	50
Tabla 25: Estaciones climatológicas ordinarias cercanas a la microcuenca del río Quingeo .	51
Tabla 26: Año normal de la microcuenca del río Quingeo.	52
Tabla 27: Régimen pluviométrico de la microcuenca del río Quingeo	53
Tabla 28: Régimen térmico.....	54

Tabla 29: Cálculo de la ETP	54
Tabla 30: Estimación del balance hídrico	55
Tabla 31: Bioclimas de la microcuenca del río Quingeo	57
Tabla 32: Tipos de vegetación	58
Tabla 33: Datos demográficos parroquia Quingeo	61
Tabla 34: Principales actividades productivas parroquia Quingeo	62
Tabla 35: Valor Agregado Bruto parroquial	63
Tabla 36: Figuras de Protección Especial	64
Tabla 37: Valores del área en base a la altura	67
Tabla 38: Criterios para la capacidad de acogida de las actividades.	71
Tabla 39: Criterios para el grado de conveniencia.....	72
Tabla 40: Grado de adecuación para las actividades	72
Tabla 41: Clases de adecuación.....	73
Tabla 42: Parámetros generales	74
Tabla 43: Parámetros de forma	75
Tabla 44: Parámetros de relieve.....	76
Tabla 45: Parámetros de la red de drenaje	78
Tabla 46: Índice Modificado de Fournier para cada estación (Factor R)	80
Tabla 47: Factor K para los tipos de suelos superficiales en función del porcentaje de MO y textura	81
Tabla 48: Valores del Factor C para cada tipo de cobertura vegetal	84
Tabla 49: Asignación de los valores para el factor P en función de la cobertura del suelo....	86
Tabla 50: Análisis estadístico de la erosión actual	87

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Longitud y perímetro de una cuenca hidrográfica.	7
Figura 2: Forma de una cuenca hidrográfica.	7
Figura 3: Clasificación de los ríos en base a la curva hipsométrica	13
Figura 4: Histograma	13
Figura 5: Ejemplo del perfil longitudinal de un río	16
Figura 6: Orden de los ríos, método Horton-Strahler	17
Figura 13: Regresión lineal para las series de precipitación del mes de mayo Ricaurte-Cumbe	47
Figura 14: Curva de doble masa estaciones Gualaceo – El Labrado.....	49
Figura 7: Distribución temporal de la precipitación media mensual.	53
Figura 8: ETP de la microcuenca del río Quingeo.....	55
Figura 9: Balance hídrico de la microcuenca del río Quingeo	56
Figura 10: Curva hipsométrica	77
Figura 11: Histograma de frecuencias altimétricas.....	77
Figura 12: Perfil longitudinal del cauce principal	79
Figura 20: Erosión actual	87

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación Geográfica-microcuenca del río Quingeo	40
Mapa 2: Clasificación edafológica-microcuenca del río Quingeo	43
Mapa 3: Fisiografía-microcuenca del río Quingeo	44
Mapa 4: Uso de suelos-microcuenca del río Quingeo	46
Mapa 5: Zona de influencia de las estaciones pluviométricas	50
Mapa 6: Zona de influencia de las estaciones climatológicas ordinarias.....	51
Mapa 7: Clasificación bioclimática-microcuenca del río Quingeo	57
Mapa 8: Tipos de vegetación-microcuenca río Quingeo	60
Mapa 9: Figuras de protección especial-microcuenca del río Quingeo	65
Mapa 10: Pendientes-microcuenca del río Quingeo	76
Mapa 11: Orden de ríos método Horton-Strahler	79
Mapa 12: Factor R.....	81
Mapa 13: Factor K	83
Mapa 14: Factor LS.....	84
Mapa 15: Factor C.....	85
Mapa 16: Factor P	86
Mapa 17: Pérdidas de Suelo.....	88
Mapa 18: Actividades compatibles con alto grado de adecuación	96

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Planteamiento del problema

La microcuenca del río Quingeo, debido al cambio en el uso de suelo, la deforestación de la vegetación natural y las actividades agrícolas presenta serios problemas de erosión hídrica.

Desde la introducción de la ley agraria en el año 1964 extensas áreas montañosas han sido afectadas por actividades antrópicas como la tala y quema, para el establecimiento de actividades agropecuarias extensivas e intensivas.

De acuerdo al PDOT (2014) de la parroquia Quingeo, la microcuenca de esta superficie, sufre fuertes problemas de desertificación a causa de la erosión, por los problemas antrópicos antes mencionados, el problema radica en que la pérdida de suelo por erosión en la actualidad comprende un grave problema medioambiental a nivel global, ya que se atribuye como consecuencia la pérdida de productividad y biodiversidad de los suelos, además, cuando ocurre casos de erosiones intensas se puede alterar el funcionamiento de los ríos, y la capacidad de retención de agua del suelo (Silva, 2015). Lo que significa, que los recursos de la microcuenca como por ejemplo el agua se puede ver afectada, dejando de ser esta útil para la población de Quingeo.

La problemática de la degradación de los suelos en la microcuenca del río Quingeo va en crecimiento, pero las investigaciones y respuestas al problema han sido limitadas. Más aún, la información geológica de alguna manera es de “tipo base”, es decir, sin mayor modificación, pero lo que sucede en la superficie por causas principalmente antrópicas es dinámica, y ésta información en la actualidad es insuficiente (Santos & Castro, 2012).

1.2. Revisión bibliográfica y análisis del problema

La erosión es uno de los principales mecanismos de la desertificación a nivel nacional y regional, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo (UNCED, 1992), define formalmente a la desertificación como “la degradación de tierras en zonas áridas, semiáridas y secas sub-húmedas resultante de diversos factores, entre ellos las variaciones climáticas y actividades humanas”.

La degradación de los suelos es, en su sentido más amplio, uno de los principales problemas con que se enfrenta el mundo en los últimos años. Incluso ahora muchos millares de hectáreas dejan de cultivarse cada año por exceso de erosión, salinidad, anegación o esterilidad, y en millones

de ellas el potencial productivo básico declina progresivamente hacia dicho estado (López & Romero, 1998).

La conservación del medio ambiente y, en particular del recurso suelo, es uno de los problemas que mayor interés despierta en la actualidad, a nivel mundial. Se estima que las tierras cultivadas del globo pierden en peso un excedente de 23 billones de toneladas en relación a las nuevas tierras formadas por pedogénesis (López & Romero, 1998). Por lo tanto, este fenómeno es considerado como una gravedad extrema y se vuelve más agudo en algunas partes del mundo, como es el caso del Ecuador. Un estudio realizado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería, y el ORSTOM en el año 1990, determinó los principales procesos erosivos en el Ecuador, el cual arrojó como resultado que el cincuenta por ciento del país está afectado por el fenómeno de erosión; alrededor del 15% de la tierra afectada pertenecen al callejón interandino en alturas que van desde los 1500 a 3000 m.s.n.m., siendo esta una región afectada fuertemente por la erosión. El 35%, corresponde a la zona de límite de la frontera agrícola, tierras altas y los flancos exteriores de la cordillera de los Andes, sin dejar de mencionar la región costanera y amazónica, es así que dicha síntesis cartográfica determinó que el 30% de los procesos de erosión ocurren en las cuencas interandinas que constituyen la zona más afectada y el lugar en donde se concentra una tercera parte de las tierras erosionadas andinas, se encuentran entre los 1.500 m y 3.000 m, y sólo quedan muy pocos suelos arables (Cruz et al., 2010).

Así mismo, en el Ecuador ocurren numerosos eventos naturales que condicionan o favorecen los procesos de degradación de los suelos. Sin embargo, el verdadero problema radica en la actividad humana, que sobreexplota los ecosistemas convirtiéndolos en áreas estériles, erosionadas y contaminadas entre otras, debido al manejo ineficiente de los recursos (Ketema & Dwarakish, 2019).

Según el Ministerio del Ambiente, el Ecuador tiene una alta tasa de deforestación en comparación a otras regiones de América del Sur, donde en los años de 1990 y 2014 hubo una pérdida de 1,834,384 ha de cobertura forestal; revelando, que los suelos están siendo afectados por procesos erosivos ocasionados a este tipo de actividades que sustituyen la vegetación natural con cobertura vegetal y en la mayoría de los casos menos protectora para los suelos. Estudios asociados a este proceso como INIAP (2011), determinan que el 50% del suelo cultivado está siendo alterado por la degradación.

1.3. Justificación

En los últimos años, la erosión es una de las causas de la intensa desertificación en las cuencas del Ecuador, que afecta al ambiente y a una serie de actividades socioeconómicas, por esta razón y con relación a los procesos de erosión en las unidades hidrográficas, se considera necesario intervenir con actuaciones necesarias para la conservación, defensa y recuperación de la estabilidad y fertilidad de los suelos.

Cuando nos enfrentamos a este problema, habrá que poner más atención en aquellas microcuencas con mayor superficie relativa a la degradación, tal es el caso de la microcuenca del río Quingeo, ya que los antecedentes de esta unidad hidrográfica muestran la necesidad de realizar un estudio de su comportamiento, puesto que no hay estudios actuales que muestren a escala la problemática que se vive con respecto a los suelos, donde la mayoría de afirmaciones a este tema se basan en la producción investigativa que tuvo lugar en las décadas de los años 1980-1990.

Razón por la cual, se han identificado tres factores importantes para la contribución de información que permitirá lograr a cabalidad los objetivos, estos factores corresponden a la cobertura vegetal, la fisiografía y el clima, que debido a la situación actual pueden ser determinados de manera eficaz, mediante modernas herramientas informáticas como los Sistemas de Información Geográfica, que en la actualidad han dado lugar a diversos métodos geofísicos de exploración, interpretación y evaluación de los recursos naturales (Santillán et al., 2013).

Es importante mencionar que los procesos de restauración hidrológico forestal, persiguen una planificación dinámica de la microcuenca hidrográfica y permiten una gestión sostenible e integrada de los recursos naturales, siendo lo más importante en nuestro contexto la protección del suelo frente a la erosión y la desertificación.

El resultado de este trabajo será un documento de acceso público que presentará una metodología aplicable para el levantamiento de información de problemas ambientales de erosión en unidades hidrográficas, y la posibilidad de réplica de un modelo de restauración hidrológico forestal.

1.4. Delimitación temporal

La presente investigación se llevó a cabo durante un periodo de 5 meses con fecha de inicio 22 de octubre del 2020 y fecha de término 29 de marzo del 2021.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Proponer un modelo de restauración hidrológico forestal al fenómeno de la erosión que se da en la microcuenca hidrográfica del río Quingeo.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Recopilar y analizar información geográfica, física e hidrológica en la zona de estudio.
- Calcular la tasa de erosión hídrica mediante la aplicación del modelo U.S.L.E. en zonas potenciales de erosión dentro de la microcuenca Quingeo.
- Calcular la carga de sedimentos mediante la aplicación del Factor de Fournier.
- Determinar la ordenación agro-hidrológica de la microcuenca para establecer la planificación de los usos del suelo.
- Proponer actuaciones y soluciones de restauración según el grado de erosión, con el fin de reducir las pérdidas de suelo que tienen lugar en la superficie de la microcuenca.

CAPITULO II

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.1. Conceptos básicos

Cuenca Hidrográfica

Es un sistema que se define como un espacio organizado, es una unidad geográfica e hidrológica que se forma por un río principal y todos sus afluentes desde el origen del río hasta su desembocadura, incluye áreas y ecosistemas que interactúan o inciden en el curso de agua tanto en cantidad como en calidad (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza[UICN], 2018).

Subcuenca Hidrográfica

Corresponde a una subdivisión de la cuenca, se define como el área de terreno en donde su escorrentía superficial fluye en su totalidad por ríos y lagos hacia un punto de curso de agua. Se refiere a un conjunto de microcuencas.

Microcuenca

Dada su extensión son unidades básicas de planeación, ordenación e intervención en un área ya que permite medir los indicadores de sustentabilidad, puede incluir estados, municipios o localidades según su extensión (Sanchez et al., 2003).

Quebradas

“Toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca” (Ordóñez, 2011, p.9).

Divisoria de aguas

Línea imaginaria que delimita las cuencas y que las separa de las cuencas vecinas se conoce también como parteaguas (Ordóñez, 2011).

Sistemas de Información Geográfica

Corresponde a un conjunto de herramientas para obtener, almacenar, recuperar y desplegar datos espaciales del mundo real, (Lee et al., 2006). Es un tipo especializado de base de datos con capacidad de manejar datos geográficos que posibilitan los análisis de las características espaciales y temáticas para obtener un mejor conocimiento de cualquier zona (Lee et al., 2006).

Las funciones de un SIG (Sistema de Información Geográfica) según (Rodr et al., 2018), son la incorporación de la información, no solo la digitalización sino también la integración en el sistema de base datos, la gestión de la información mediante búsquedas temáticas y espaciales tanto de datos geográficos como alfanuméricos, el análisis de la información a partir de la preparación de los datos y con procedimientos de análisis territoriales y finalmente la interrelación con el usuario es decir la salida más adecuada de los datos y de los resultados obtenidos con relación a los fines perseguidos por ejemplo mapas, tablas, gráficos, resumen en cualquier soporte.

2.2. Delimitación de unidades hidrográficas

Al utilizar un modelo digital de elevación, se puede delimitar el sistema de manera automática y obtener todas sus características, este procedimiento lo permite realizar el software ArcGIS (Castillo, 2015).

2.3. Morfometría de una cuenca hidrográfica

La morfometría es el análisis cuantitativo de las particularidades físicas, a partir de un conjunto de variables lineales, de pendiente, de relieve y de drenaje, que permiten estudiar la forma, el relieve y la red de drenaje de una cuenca hidrográfica (Lux Cardona, 2014). La caracterización morfométrica tiene como propósito establecer parámetros físicos, dirigidos a entender el comportamiento hidrológico de una cuenca, que a su vez contribuye al manejo adecuado de la misma (Toppi, 2016). Estos parámetros físicos son:

2.3.1. Parámetros generales

Área (A)

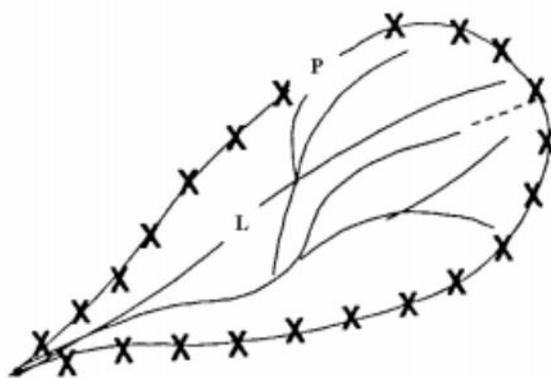
El Área de una cuenca se define como “el espacio delimitado por la curva del perímetro, que contribuye a la superficie total proyectada sobre un plano horizontal, incluyendo el flujo superficial de todos los tributarios de orden menor que aportan a un segmento de cauce de orden dado” (Garay & Gabriel, 2018, p.14).

Longitud (La), perímetro (P) y ancho (W)

La longitud de una cuenca hidrográfica es la distancia en línea recta entre un punto aguas abajo (desembocadura) y otro punto aguas arriba (zona alta). El Perímetro de la cuenca o la longitud de la línea que delimita la cuenca es un parámetro importante, que determina la forma de la misma (Figura 1). El ancho se puede definir como la relación entre el área (A) con la longitud de la cuenca (L) y usualmente es simbolizado con la letra W (Anaya, 2012).

$$W = \frac{A}{L_a} \quad (1)$$

Figura 1: Longitud y perímetro de una cuenca hidrográfica.



Fuente: (Anaya, 2012)

2.3.2. Parámetros de forma

Los parámetros de forma cuantifican las características morfológicas de una cuenca por medio de índices o coeficientes que definen su forma. El estudio de la forma de una cuenca (Figura 2) es de gran importancia, porque representa la interacción estructural, geológica e hidrológica (Quijano, 2014).

Figura 2: Forma de una cuenca hidrográfica.



Fuente: (Quijano, 2014)

Coefficiente de Compacidad o Gravelius (Kc)

El índice o coeficiente de Gravelius es “la relación entre el perímetro de la cuenca y la circunferencia de un círculo de igual superficie que la cuenca” (Torrero, 2014). Este parámetro está definido por la siguiente ecuación:

$$Kc = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad (2)$$

Donde:

Kc : Índice de Gravelius (adimensional)

P : Perímetro de la cuenca (km)

A : Área de la cuenca (km²)

Según Corradine(2017) y Folgueiras(2013) este parámetro es un indicador de la irregularidad de una cuenca, donde el valor que toma esta expresión siempre es mayor a la unidad. Los valores más próximos a la unidad indican una cuenca similar a una circunferencia o por el contrario, entre más alejados de la unidad corresponderán a cuencas alargadas. Los valores para interpretar este parámetro se presentan a continuación (Tabla 1):

Tabla 1: Forma de una cuenca a partir del coeficiente de Gravelius

Kc	Clasificación
1 a 1,25	Casi redonda a oval-redonda
1,25 a 1,5	Oval redonda a oval-alargada
1,5 a 1,75	Oval alargada a alargada
> 1,75	Alargada

Fuente: (Maidment, 1993, como se citó en (Folgueiras, 2013))

Factor de Forma de Horton (Rf)

El Factor de Forma de Horton es “la relación existente entre el Área de la cuenca y el cuadrado de la longitud máxima o longitud axial de la misma” (Garay & Gabriel, 2018).

$$Rf = \frac{A}{La^2} \quad (3)$$

Dónde:

Rf : Factor forma de Horton (adimensional)

A : Área de la cuenca (km²)

La: Longitud axial de la cuenca (km)

Una cuenca con un factor de forma bajo (forma alargada) está menos sujeta a tener una lluvia intensa simultáneamente sobre toda su superficie, que una cuenca de igual tamaño, pero con un factor de forma mayor (Corradine, 2017; Garay & Gabriel, 2018). Para el análisis de la categoría de este parámetro, se muestran los valores en la tabla 2:

Tabla 2: *Relación Forma Horton*

Rango de Valores	Forma de la Cuenca
< 0,22	Muy Alargada
0,22 – 0,30	Alargada
0,3 – 0,37	Ligeramente alargada
0,37 – 0,45	Ni alargada ni ensanchada
0,45 – 0,60	Ligeramente ensanchada
0,60 – 0,80	Ensanchada
0,80 – 1,12	Muy Ensanchada
> 1,20	Rodeando el desagüe

Fuente: (Corradine, 2017).

Razón o relación de elongación (Re)

La relación de elongación se determina como la razón entre el diámetro de un círculo que posee la misma área de la cuenca y la longitud del cauce principal que la drene (Campo et al., 2012). Este parámetro utiliza la siguiente expresión matemática:

$$Re = \frac{(1,128)(\sqrt{A})}{Lc} \quad (4)$$

Dónde:

Re: Razón de elongación (adimensional)

Lc: Longitud del cauce principal de la cuenca (km)

A: Área de la cuenca (km²)

Valores inferiores a 1, indican cuencas con una forma más alargada, mientras que valores próximos a dicho valor, se determina cuenca que asemeja a una forma circular (Moretto et al., 2019).

2.3.3. Parámetros de relieve

Para el estudio de una cuenca hidrográfica es esencial tomar en cuenta los parámetros relativos al relieve, ya que estos permiten definir el comportamiento de una cuenca con respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), donde surgen los problemas de erosión que con mayor frecuencia se dan en las zonas altas; mientras que en las zonas bajas o regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación (Sanchez, 2015).

Pendiente media de la cuenca (J)

“Es el valor medio del declive del terreno, respecto a la horizontal de la vertiente sobre el cual se ubica la cuenca” (Brieva, 2018, p.23). La pendiente media de la cuenca está dada por el método Alvord (Sanchez, 2015), que propone la siguiente expresión:

$$J = 100 \frac{\sum Li * E}{A} \quad (5)$$

Dónde:

J: Pendiente media de la cuenca (%)

Li: Longitud de cada una de las curvas de nivel, en km

E: Equidistancia de las curvas de nivel (km)

A: Área de la cuenca (km²)

Tabla 3: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media

Rangos de Pendiente (%)	Tipo de Relieve
0 – 3	Plano
3 – 7	Suave
7 – 12	Mediamente accidentado
12 – 15	Accidentado
15 – 25	Fuertemente accidentado
25 – 50	Muy fuertemente accidentado
50 – 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Fuente:(Sánchez, 2015)

Pendiente media del cauce principal (j)

La pendiente media del cauce principal es un parámetro importante para analizar el comportamiento del recurso hídrico, y su potencial de erosionar, para el estudio de este caso se ha tomado el método de Taylor y Schwarz. El mismo que determina la relación existente en las longitudes de los tramos del cauce principal y la pendiente que existe entre los mismos (Anaya, 2012).

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^{0.5}}} \right]^2 \quad (6)$$

Dónde:

L : Longitud del tramo i .

S_i : Pendiente del tramo i .

Tabla 4: Clasificación de las cuencas de acuerdo a la pendiente media del cauce principal

Rangos de Pendiente (%)	Tipo de Relieve
<5	Muy Plano
0,5 – 1	Plano
1 - 3	Suave
3 – 15	Mediamente accidentado
15 – 25	Accidentado
25 – 50	Fuertemente accidentado
50 – 75	Escarpado
> 75	Muy escarpado

Fuente:(Chester et al., 2017)

Coefficiente de masividad (Km)

Este coeficiente permite entender cómo afecta la topografía a la erosionabilidad de la cuenca, determinando la relación entre la elevación media de la cuenca y su área (Hernández, 2014).

$$K_m = \frac{\text{Altura media de la cuenca (m)}}{\text{Área de la cuenca (km}^2\text{)}} \quad (7)$$

Tabla 5: *Clases de masividad*

Rangos de K_m	Clases de masividad
0 – 35	Muy montañosa
35 – 70	Montañosa
70 – 100	Moderadamente montañosa

Fuente: (Sanchez, 2015)

Coefficiente orográfico (CO)

El coeficiente orográfico, describe las fuerzas gravitacionales de los flujos de escorrentías superficiales, siendo el resultado de relacionar el cuadrado de la altitud media y la proyección horizontal del área de la cuenca (Ortiz, 2016).

$$CO = \frac{Am^2}{A} \quad (8)$$

Dónde:

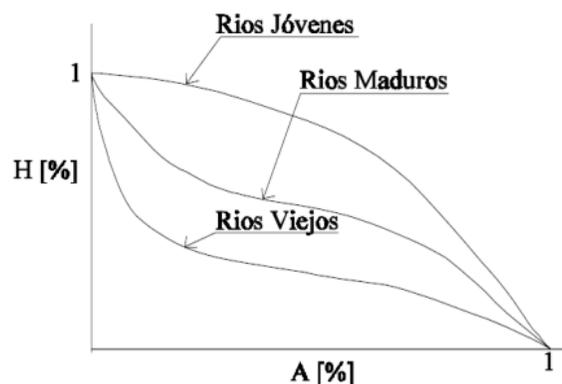
 CO : Coeficiente orográfico (adimensional) Am : Altura media de la cuenca, en msnm A : Área de la cuenca (m^2)

Este coeficiente controla el potencial o poder degradante que corresponden a cuencas de mayor pendiente, caracterizando a las cuencas con un relieve accidentado, si el valor resultante es mayor que 6 y si es menor de 6, es poco accidentado (Farfán et al., 2010; Huerta Fernández & Loli Figueroa, 2014).

Curva hipsométrica

Esta curva permite utilizar datos de elevación para representar gráficamente el área drenada con las alturas del terreno en función a la superficie correspondiente, esta representación es significativa en el comportamiento de la precipitación y la temperatura (Meza, 2016). El análisis hipsométrico, se basa en la figura 3, donde se puede determinar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva a la que se encuentra la cuenca (Viramontes et al., 2007).

Figura 3: Clasificación de los ríos en base a la curva hipsométrica

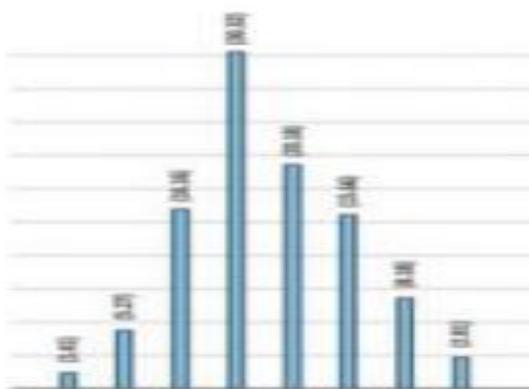


Fuente:(Anaya, 2012)

Histograma de frecuencias

“El histograma representa el grado de incidencia de las áreas comprendidas entre curvas de nivel con respecto al total del área de la cuenca” (Rivas & Moreno, 2019). Este gráfico (Figura 4) se utiliza para describir la frecuencia de ciertos niveles de altitud, como pueden ser los puntos más altos en las mallas cuadradas de muestreo o la de las áreas llanas (puntos bajos) (Racca, 2007).

Figura 4: Histograma



Fuente: (Rivas & Moreno, 2019)

2.3.4. Parámetros de la red de drenaje

De acuerdo a Garay y Gabriel (2018), la red de drenaje hace referencia al sistema de cauces o corrientes naturales (ríos, quebradas, arroyos, etc.) por donde fluye el agua dentro de una cuenca hidrográfica. Estos parámetros están determinados para analizar la capacidad de captación de agua

y magnitud de la red fluvial, considerando que a un mayor número de cauces es mejor el drenaje de la cuenca, favoreciendo directamente el escurrimiento.

Densidad de drenaje (Dd)

La densidad de drenaje se caracteriza por cuantificar el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico, mediante la relación existente entre la longitud total de todos los cauces de agua y el área total de la cuenca hidrográfica (Villota, 2019).

$$D_d = \frac{L}{A} \quad (9)$$

Dónde:

L : Longitud de cauces, en km.

A : Área de la cuenca (km²).

Tabla 6: Clasificación de la densidad de drenaje.

Densidad de Drenaje (km/km ²)	Categoría
< 1	Baja
1 – 2	Moderada
2 – 3	Alta
> 3	Muy Alta

Fuente: (Cerignoni & Rodrigues, 2015)

Frecuencia de drenaje (F)

La frecuencia de drenaje establece la posibilidad de que cualquier gota de agua encuentre un cauce en un mayor o menor tiempo determinado, y se estima mediante la relación entre el número total de los cursos de agua con el área de la cuenca (Garay & Gabriel, 2018).

$$F = \frac{N}{A} \quad (10)$$

Dónde:

F : Frecuencia de drenaje (u/ Km²)

N : Número de corrientes o cauces (u)

A : Área de la cuenca (Km²)

Superficie o canal de alimentación (C)

Este parámetro representa la superficie mínima necesaria para la concentración de la escorrentía para que se pueda producir un cauce, es decir, es la superficie en km^2 necesaria para alimentar un kilómetro de cauce (Folgueiras, 2013).

$$C = \frac{A}{\sum Li} \quad (11)$$

Dónde:

C : Pendiente media de la cuenca (km^2/km)

Li : Longitud de cada curso de agua, en km

A : Área de la cuenca (km^2)

Coefficiente de torrencialidad (Ct)

“Índice que calcula el grado de torrencialidad, mediante la relación de cauces de orden uno con respecto al área de la cuenca. Mientras mayor sea la magnitud, mayor será el grado de torrencialidad que presenta una cuenca” (Brieva, 2018, p.25).

$$Ct = \frac{\#Cauces\ orden\ 1}{Área\ Cuenca\ (km^2)} \quad (12)$$

Alejamiento medio (a)

“Es un coeficiente adimensional que relaciona el curso de agua más largo y la superficie de la cuenca” (Folgueiras, 2013, p.30).

$$a = \frac{L}{\sqrt{A}} \quad (13)$$

Dónde:

a : Alejamiento medio

Li : Longitud del curso de agua más largo (km)

A : Área de la cuenca (km^2)

Factor de irrigación (Fi)

“Consiste en el recíproco del número total de nodos de la cuenca, que son los puntos de unión de un tributario con un cauce de igual orden” (Araya, 2015, p.203), y se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$Fi = \frac{1}{Nn} \quad (14)$$

Dónde:

Fi : Factor de irrigación

Nn : Numero de nodos de la cuenca

Densidad de irrigación (Di)

“Es la relación entre el número de nodos y la superficie de la cuenca” (Araya, 2015, p.203).

$$Di = \frac{Nn}{A} \quad (15)$$

Dónde:

Di : Densidad de Irrigación

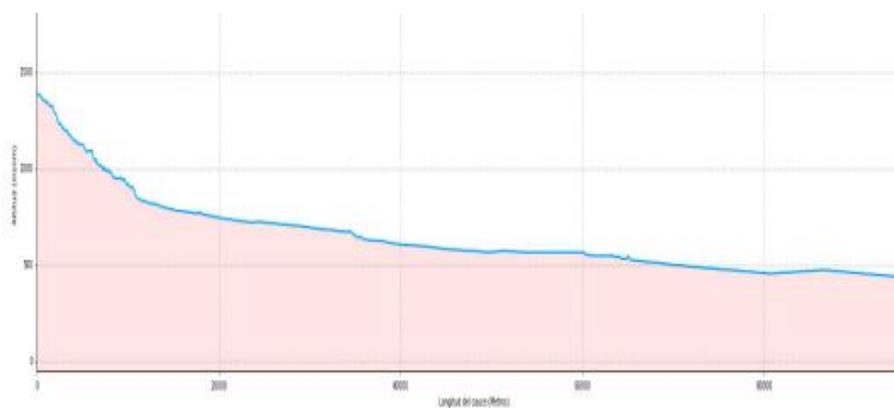
Nn : Número de nodos de la cuenca

A : Área de la cuenca

Perfil longitudinal

El perfil longitudinal se obtiene a partir de las alturas en función del cauce principal, siendo la representación gráfica de las diferentes alturas de un río desde su nacimiento hasta su desembocadura (Garay & Gabriel, 2018).

Figura 5: Ejemplo del perfil longitudinal de un río



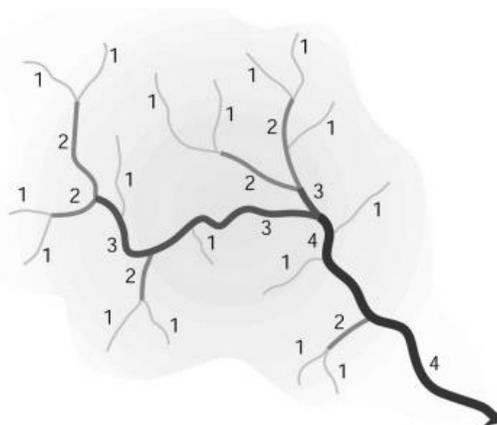
Fuente: (Garay & Gabriel, 2018)

Orden de los ríos

Este parámetro fue elaborado para ordenar las redes de los ríos, por Horton en 1945; el mismo que fue modificado por Strahler en 1946, conocido como el método Horton-Strahler (Díaz Delgado

et al., 1999). Este método se basa en asignar el primer orden a todos los cauces que no reciben tributarios, es decir, que no tienen afluentes. Cuando dos cauces de primer orden se unen, resulta una corriente de segundo orden y en general la unión de dos cauces determinan o dan origen a otro de orden inmediatamente superior, y así sucesivamente hasta llegar al orden mayor de la cuenca (Gaspari et al., 2013).

Figura 6: Orden de los ríos, método Horton-Strahler



Fuente: (Gaspari et al., 2013)

Meza (2016), también manifiesta que, a mayor número de orden, mayor es el transporte de sedimento y el potencial erosivo; por tanto, mayor será el componente de escorrentía directa.

Tiempo de concentración (Tc)

“Tiempo que tarda una gota de lluvia en el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca, en llegar a la desembocadura de la misma” (Tapia, 2012, p.10). En el manual “Cálculo hidrometeorológico de caudales máximos en pequeñas cuencas naturales”, Temez propone la siguiente fórmula para el cálculo del tiempo de concentración, la misma que es la más adecuada para este caso de estudio, debido que es aplicable a pequeñas cuencas rurales de área de hasta 200 km².

$$T_c = 0,30 \left(\frac{L}{S^{0.25}} \right)^{0.76} \quad (16)$$

Dónde:

T_c : Tiempo de concentración (horas)

L : Longitud del cauce principal (km)

S : Pendiente total del cauce principal, en porcentaje (%)

Tabla 7: Rangos de T_c en minutos.

Rangos de T_c	Clases
< 40	Rápido
40 – 80	Moderado
> 80	Lento

Fuente: (Baldeon, 2016)

2.4. Hidrología

“Es la ciencia que estudia al agua, su ocurrencia, su circulación y distribución en la superficie terrestre, sus propiedades tanto físicas como químicas presentes en la atmósfera y en la corteza terrestre, y su relación con el medio ambiente incluyendo a los seres vivos” (Juela, 2011, p.27).

2.4.1. Ciclo hidrológico

El ciclo hidrológico comprende una serie de procesos continuos, que incluye las precipitaciones, la evaporación, la infiltración, la evapotranspiración y la escorrentía superficial (Loor, 2017).

2.4.2. Precipitación

En hidrología, la precipitación se entiende como “toda agua meteórica que cae en la superficie de la tierra, tanto en forma líquida (llovizna, lluvia, etc.); sólida (nieve, granizo, etc.); y las precipitaciones ocultas (rocío, la helada blanca, etc.)”. Dentro del ciclo hidrológico la precipitación se constituye como una variable de entrada, fundamental para comprender la dinámica del medio físico (Cajamarca, 2017).

2.4.3. Evaporación

La evaporación, es el fenómeno físico en el que el agua pasa de líquido a vapor, que de acuerdo a Sánchez (2015), se produce evaporación desde, la superficie del suelo y la vegetación inmediatamente después de la precipitación; desde las superficies de agua (ríos, lagos, embalses); y desde el suelo, la agua infiltrada se evapora desde la parte más superficial del suelo.

2.4.4. Infiltración

Es el transporte o movimiento del agua debido a las fuerzas de gravedad y capilaridad desde la superficie hacia el interior del suelo, donde la permeabilidad o la conductividad hidráulica limitan el flujo dentro de los poros del suelo (Ramón, 2015).

2.4.5. Escorrentía

Son los trayectos que realiza el agua hasta llegar a un cauce, los cuales frecuentemente interactúan entre sí. La escorrentía puede ser superficial, subsuperficial y subterránea (Ramón, 2015).

La escorrentía superficial se forma cuando los poros del terreno han sido saturados de agua por la infiltración, donde por la acción de la gravedad comienza a escurrirse por la superficie del terreno hacia el cauce más cercano. Las características de una cuenca hidrográfica como las condiciones climáticas, la topográfica y de suelos, determina el volumen que se pueda generar una escorrentía superficial (Cajamarca, 2017; Ramón, 2015).

La escorrentía subsuperficial se da cuando las precipitaciones se infiltran en una zona parcialmente saturada, deslizándose lentamente por horizontes superiores del suelo hasta algún punto de superficie más bajo de infiltración, sin provocar un aumento en el nivel freático (Cajamarca, 2017).

La escorrentía subterránea se produce debido a la infiltración del agua en zonas de saturación, escurriéndose lentamente por los niveles inferiores al freático para emerger a una red hidrográfica, formando el caudal base de los ríos y ejerciendo como regulador del nivel freático (Cajamarca, 2017).

2.4.6. Evapotranspiración (ET)

“Es la cantidad total de agua transformada en vapor debido a la cobertura vegetal existente, incluyendo la evaporación desde el suelo, presente en la atmósfera y en la corteza terrestre” (Duque et al., 2019, p.61).

2.5. Edafología

“Es la ciencia que estudia la naturaleza y las propiedades del suelo en relación a la producción vegetal y el entorno que lo rodea” (Hang, 2011, p.1).

Sistema Americano de Taxonomía de Suelos

Es un sistema jerárquico, organizado en categorías de distinto rango, su clasificación está en función de las propiedades del suelo incluyendo el régimen de humedad y temperatura (Fadda, 2016).

Categorías Taxonómicas

La más alta categoría del sistema es el orden, en donde los suelos se clasifican en un pequeño número de clases para permitirnos abarcarlos, recordarlos y comprender las diferencias entre ellos. Existen doce ordenes de suelos que se diferencia por la presencia o ausencia de determinados horizontes de diagnóstico o rasgos, que son evidencias de diferencias en el grado y clase de los procesos edafogénicos dominantes de la evolución del suelo (Fadda, 2016, p.1). A continuación, se describen los órdenes del suelo más relevantes:

Alfisoles

Son suelos que tienen un epipedion ochrico, un horizonte argílico, un porcentaje de saturación de bases (PSB) de moderado a alto, agua a menos de 1500 kPa de tensión durante al menos tres meses al año cuando los suelos son cálidos para el crecimiento de las plantas. Tienen un régimen de humedad údido, ústico y pueden presentar condiciones acuicas, sus propiedades de humedad los hacen capaces de suministrar agua a las plantas mesofíticas durante más de seis meses (Moreno Ramón et al., 2011). Además son suelos que presentan un buen desarrollo del perfil y un moderado grado de alteración (Fadda, 2016).

Entisoles

Son suelos con menor desarrollo, los subgrupos de entisoles son los fluvents, aquents y orthents; los fluvents están en las zonas de deposición aluvial donde las inundaciones no permiten el desarrollo de horizontes, los orthents pueden encontrarse en las partes altas de las montañas debido a la condiciones climatológicas (Bertsch et al., 1993). Tienen muy poca identidad pedogenética, con poca profundidad radical, exceso de humedad, inundaciones frecuentes y alta susceptibilidad a la erosión hídrica o eólica (Bertsch et al., 1993).

Andisoles

Son suelos negros desarrollados a partir de depósitos volcánicos o de materiales piro clásticos, tienen un contenido apreciable de arcillas amorfas y complejos de humus aluminio y una baja densidad, aparentemente menor a 0.90g/cm³ (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2006). Son suelos nutricionales orgánicos, de buena estructura y por tanto buen drenaje y buena retención de humedad, su mayor incapacidad es la retención del fósforo (MAG, 2019).

Inceptisoles

Son suelos incipientes que tienen uno o más horizontes de diagnóstico, cuya génesis es de rápida formación y tienen procesos de translocación de materiales o meteorización extrema, con propiedades físicas y químicas muy variables, hay suelos mal drenados y bien drenados, con texturas arenosas, pero también arcillosas, con pH ácidos y también alcalinos (MAG, 2019).

Molisoles

Suelos con un horizonte superficial rico en materia orgánica y bases de cambio, además excelentes propiedades físicas, favorables para el desarrollo radicular, estos suelos se desarrollan en gran variedad de regímenes climáticos desde secos a muy húmedos y desde cálidos a muy fríos (MAG, 2019).

Vertisoles

Son suelos impermeables y al secarse lo hacen de manera extrema formando bloques masivos que se fracturan en grandes grietas, que a su vez afectan obras de infraestructura, en cuanto a las propiedades nutricionales son suelos fértiles con un pH muy alto y alto contenido de Ca y Mg, (Bertsch et al., 1993).

Ultisoles

Son suelos rojizos de media a bajas latitudes con un horizonte argílico insaturado en bases, el régimen de humedad no es perúdic, pero en cierta estación las precipitaciones superan la evapotranspiración y ese exceso circula a través del suelo (Fadda, 2016, p.6). Mineralógicamente presentan arcillas y óxidos de Fe y Al; físicamente tienen excelentes condiciones y drenajes naturales; nutricionalmente representan condiciones ideales para la lixiviación de nutrientes especialmente de bases Ca, Mg, y K (Bertsch et al., 1993).

Oxisoles

Suelos minerales con baja fertilidad que han sufrido intensos procesos de meteorización y lavado, se desarrollan cuando la precipitación es mucho mayor que la evapotranspiración, tienen color rojizo debido a la concentración de hierro III y óxidos e hidróxidos de aluminio (MAG, 2019).

Histosoles

Son suelos con alto contenido de materiales orgánicos, con un espesor superior a 40cm, sin propiedades andicas y con saturación de agua de 30 días o más cada año, se limitan a cuencas pobremente drenadas, depresiones y pantanos (MAG, 2019).

Es importante mencionar que existen tierras misceláneas que no están dentro de ningún orden pero se definen como aquellas tierras que dada sus características físico naturales se consideran económicamente tierras improductivas con elevada erosión, taludes y afloramientos rocosos (Santiago, 2005).

2.6. Clima

El clima es el estudio fundamental para conocer el ámbito de una cuenca hidrográfica, considerado como el principal factor de alteración de las condiciones ambientales de la misma. Los diferentes parámetros meteorológicos definen un clima particular, que modifica y altera significativamente el comportamiento de la red de drenaje y su ambiente. Por lo tanto, es importante realizar un análisis de diferentes parámetros meteorológicos, como la temperatura y la precipitación (Carbone et al., 2003).

2.6.1. Precipitación atmosférica

La Precipitación tiene relación con diversos factores climáticos como la vegetación, la altitud y el relieve. Si una región consta de datos de precipitación de estaciones meteorológicas, se pueden establecer diferentes relaciones que permitan identificar aproximadamente la cantidad de agua lluvia que cae sobre un área específica, y de esta manera conocer el comportamiento climático de acuerdo a la precipitación (Juera, 2011).

2.6.2. Temperatura

La temperatura es considerada como una variable importante para el análisis de las condiciones climáticas de una zona en estudio. Se entiende a la temperatura como la cantidad de calor presente en la atmosfera y esta puede ser medida por termómetros. La temperatura tiende a disminuir en la troposfera y varía según las condiciones locales del área en estudio, en una tasa de alrededor 0.6 °C por cada 100 metros de altitud. Otros factores que inciden sobre esta variable son la latitud y su proximidad al mar (Cajamarca, 2017; Loor, 2017).

2.6.3. Datos climáticos

En el Ecuador, la información climatológica se encuentra disponible en el Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología (INAMHI), siendo esta la entidad que posee el mayor número de estaciones meteorológicas, conformando así una base de datos extensa sobre las diferentes variables climáticas (Ramírez & Rosero, 2013). En las estaciones es común encontrar registros incompletos, esto debido a las fallas de observación o desperfectos en los aparatos registradores, entre otros. A causa de estos errores involuntarios, la información meteorológica es escasa, lo cual conlleva a la aplicación de diferentes métodos estadísticos para obtener la aproximación de un valor no registrado (Legarda & Viveros, 2013).

2.6.4. Bioclimatología

Es una ciencia que estudia las relaciones entre los factores climáticos y la distribución de los seres vivos, relaciona los valores numéricos de temperatura y precipitación respecto al clima con las distribuciones de las plantas y de sus formaciones vegetales (Rivas Martínez, 2004, como se citó en MAE, 2013).

El Ecuador Continental, sigue el sistema de clasificación bioclimática global propuesto por Rivas Martínez, esta clasificación tiene una elevada correlación entre el clima y la vegetación y logra valores predictivos en cualquier zona (MAE, 2013), en la tabla 8 se expone su jerarquización:

Tabla 8: *Clasificación Bioclimática del Ecuador Continental*

Unidad subordinada	Características
Macrobio clima	Conjunto de valores climáticos como temperatura precipitación y radiación solar que influyen a escala continental sobre las comunidades.
Bioclima	Interrelación entre precipitación evaporización y temperatura a escala regional
Ombrotipo	Tipo climático calculado en función de la precipitación.
Termotipo	Tipo climático calculado en función de la temperatura.

Fuente: (MAE, 2013)

Macrobioclima tropical

Es una unidad de rango superior en la clasificación climática, se halla en cualquier latitud y valor de la continentalidad, en los territorios que pertenecen a las cinturas latitudinales ecuatorial y eutropical (0 a 23° N y S), también se considera tener un macrobioclima tropical en los territorios subtropicales que cumplan al menos dos valores de los siguientes: temperatura media anual mayor

o igual a 25 ° C, temperatura media de las mínimas del mes más frío mayor o igual a 10 ° C, o un índice de termicidad compensado mayor o igual a 580 (Martinez, 2008).

Bioclima

Los bioclimas son espacios biofísicos delimitados por un tipo de vegetación y sus correspondientes valores climáticos (Martinez, 2008). En el Ecuador, se estiman en función del índice ombrotérmico anual (lo) y de los dos meses más secos en el año ($lod2$), el último se calcula obteniendo la precipitación de los dos meses con menor pluviosidad (MAE, 2013). En la tabla 9, se expresan los criterios de clasificación de bioclimas.

Tabla 9: *Clasificación de bioclimas tropicales*

Bioclimas Tropicales	
Índice Ombrotérmico anual $lo > 3.6$	2
Índice Ombrotérmico anual ≤ 3.6	3
Índice Ombrotérmico bimestral más seco del año $lod2 > 3.6$	Tropical Pluvial
Índice Ombrotérmico bimestral más seco del año $lod2 \leq 3.6$	Tropical pluviestacional
Índice Ombrotérmico anual $lo > 0.1$	4
Índice Ombrotérmico anual ≤ 1.0	Tropical Desértico
Índice Ombrotérmico anual $lo > 1.0$	Tropical Xérico

Fuente: (MAE, 2013)

2.6.5. Índices climáticos relacionados con la humedad

Evapotranspiración potencial definida por Thornthwaite

La evapotranspiración potencial definida por Thornthwaite se basa en el empleo de fórmulas empíricas, que relaciona la evapotranspiración potencial (ETP) con diferentes factores climáticos (temperatura, precipitación, radiación solar incidente, etc.). Este se calcula a partir de un índice de calor mensual (i), que utiliza las temperaturas medias, según la siguiente ecuación (Montaner et al., 1988):

$$i = (t/5)^{1.514} \quad (17)$$

El índice de calor anual (I), se determina mediante la suma de los doce valores del índice de calor mensual para meses teóricos e 30 días y 12 horas diarias de sol. Posteriormente, a partir de estos datos se calcula el ETP con la siguiente fórmula:

$$ETP = 16 * \left(\frac{10 * T}{I}\right)^a \quad (18)$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración potencial mensual no corregida en mm/día

T: Temperatura media mensual en °C

I: Índice de calor anual

a: Función compleja de *I*, igual a:

$$a = 0.000000675 * I^3 - 0.0000771 * I^2 + 0.01792 * I + 0.49239 \quad (19)$$

ETP debe ser corregido en función de la duración del mes y el número de horas de sol:

$$ETP = ETP_{\sin\text{ corregir}} * \frac{N}{12} * \frac{D}{30} \quad (20)$$

Dónde:

ETP: Evapotranspiración potencial mensual corregida en mm/día

N: Número máximo de horas de sol.

D: Número de días del mes.

2.6.6. Balance hídrico

La evaluación de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica requiere una estimación correcta del régimen hídrico, y una de las mejores maneras de conocer dicho régimen es por medio de un Balance Hídrico, ya que permite comprender el ciclo de sus diferentes fases, es decir, la forma en que el agua recibida por la precipitación se reparte en el proceso de evapotranspiración, escorrentía e infiltración. El balance hídrico, sirve de base para determinar la humedad disponible en el suelo a lo largo del año en una zona radical de cultivos y así conocer el exceso o déficit (Ordoñez, 2011; Ruiz Álvarez et al., 2012). De acuerdo a Loor (2017), la ecuación del balance hídrico para cualquier zona de estudio, señala datos relativos de entrada y salida del flujo, con la variación del volumen de agua almacenada:

$$PP - ER - \Delta ALM - EXC = 0 \quad (21)$$

Dónde:

PP: Precipitación.

ER: Evapotranspiración real.

ΔALM : Variación del almacenaje en el suelo.

EXC: Exceso.

Tomando en cuenta los periodos con falta y exceso de agua, se puede definir un mes seco, el cual cumple la relación de $P/ETP < 0,5$. Los meses secos delimitan el periodo seco, el mismo que es utilizado para clasificar el régimen hídrico, según los límites presentados en la tabla 10 (Lujan et al., 2007):

Tabla 10: Clasificación del régimen hídrico

Régimen Hídrico	Condiciones
Xérico	12 meses secos
Híper árido	11 – 12 meses secos
Árido	9 – 10 meses secos
Semiárido	7 – 8 meses secos
Subhúmedo	5 – 6 meses secos
Húmedo	3 – 4 meses secos
Híper húmedo	1 – 3 meses secos
Hídrico	0 meses secos y $P < 2500$ mm
Híper hídrico	0 meses secos y $P > 2500$ mm

Fuente: (Lujan et al., 2007)

Índice Humedad

El índice de humedad relaciona los excesos con la falta de agua en la demanda de evapotranspiración del sistema, y se describe mediante la siguiente ecuación (Ruiz Álvarez et al., 2012):

$$I_h = \frac{100(\Sigma Ex - \Sigma F)}{\Sigma ETP} \quad (22)$$

Dónde:

I_h : Índice humedad

Ex : Exceso de agua.

F : Falta de agua.

ETP : Evapotranspiración potencial.

Este índice permite realizar la clasificación de climas establecidas por Thornthwaite, que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 11: Clasificación climática (porcentaje)

Tipo de clima	Índice de humedad (%)
A Perhúmedo	> 100
B4 Húmedo	80 a 100
B3 Húmedo	60 a 80
B2 Húmedo	40 a 60
B1 Húmedo	20 a 40
C2 Húmedo subhúmedo	0 a 20
C1 Seco subhúmedo	-20 a 0
D Semiárido	-40 a -20
E Árido	-60 a -40

Fuente: (Ruiz Álvarez et al., 2012)

2.6.7. Índices climáticos relacionados con la torrencialidad

Índice de Agresividad del clima de Fournier

“El índice de Fournier define la Torrencialidad de la cuenca y la erosión producida por factores pluviométricos” (Folgueiras, 2013), mediante la expresión:

$$F = p_{max}^2 / P \quad (23)$$

Dónde:

p : La precipitación del mes más lluvioso del año en mm.

P : La precipitación anual en mm.

Sin embargo, este índice tiene deficiencias como estimador del factor de erosionabilidad de la lluvia, por lo tanto, Lujan et al. (2007) señala que este índice fue modificado por Arnoldus (1980), que considera las cantidades de lluvia de todos los meses del año y no solo de un mes, denominado Índice de Fournier Modificado (IFM):

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} p^2 / P \quad (24)$$

Dónde:

p : La precipitación de lluvia mensual.

P : La precipitación anual en mm.

Tabla 12: *Clasificación de IFM para Latinoamérica*

Clase	Rango	Clasificación
1	< de 60	Muy bajo
2	60 a 90	Bajo
3	90 a 120	Moderado
4	120 a 160	Alto
5	> de 160	Muy alto

Fuente: (Echeverri et al., 2010).

2.7. Pérdidas de suelo

La importancia económica y las repercusiones ambientales que tiene la erosión han llevado al desarrollo de muchos modelos para estimar las pérdidas de suelo, especialmente en áreas de cultivo o cuencas hidrográficas (Vidal et al., 1980). La complejidad de los procesos erosivos, los muchos factores que intervienen, y la irregularidad espacial y temporal, suponen una dificultad para poder hacer que las predicciones de pérdidas de suelo sean fiables.

Los modelos que tratan de estimar las pérdidas de suelo se pueden subdividir en dos grupos. Aquellos que se basan en los procesos físicos que tienen lugar en la erosión, es decir, que se basan en ecuaciones matemáticas tomando en cuenta las leyes de conservación de la masa y la energía; y los modelos empíricos que utilizan una serie de algoritmos matemáticos y de correlaciones con factores erosivos, pero sin que se pueda establecer una relación directa de causa-efecto con las pérdidas de suelo (Kadam et al., 2019). Estos últimos suelen ser del tipo “caja negra”, donde se conocen las entradas y salidas principales del sistema, pero no el funcionamiento del proceso (Fernández & Figueroa, 2014). Dada la complejidad de los fenómenos naturales que intervienen en la erosión, hay modelos que tienen un enfoque probabilístico, es decir, que asocian una probabilidad a cada suceso erosivo. De entre los modelos existentes podemos destacar el siguiente (Ibañez, 2006):

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE): es, sin duda, el modelo de caja negra que ha tenido más difusión. Fue propuesto por Wischmeier y Smith (1978) y resulta útil para tomar decisiones sobre el uso y la conservación del suelo. Considera seis factores y estima las pérdidas medias anuales de suelo a nivel de parcela agrícola o laderas de pendiente moderada. Ha sido actualizado y ampliado en diferentes versiones (RUSLE, Revised Universal Soil Loss Equation).

2.7.1. Estructura de la USLE

La USLE es un modelo relativamente simple, que considera que las pérdidas de suelo en una finca o parcela agrícola dependen de la agresividad de cada episodio de precipitación, de la capacidad de resistencia de cada suelo al impacto de las gotas de lluvia, de la pendiente de la ladera, de la longitud que recorre el agua de escorrentía en la ladera, siendo estas pérdidas modificadas por el grado de protección que ofrece la cubierta vegetal o las prácticas de conservación que se apliquen (Hudson, 1997). El esquema del modelo es el siguiente (Mendoza, 2013):

$$A = R * K * LS * C * P \quad (25)$$

Dónde:

A = Estimación de las pérdidas medias por erosión anual (ton/ha*año)

R = Erosividad de la lluvia (Mj*mm/ha*año)

K = Erosionabilidad del suelo-erodibility (ton/ha)/(Mj*mm/ha*h)

L = Factor longitud ladera (adimensional)

S = Factor pendiente (adimensional)

C = Protección del suelo por el cultivo o vegetación (adimensional)

P = Factor prácticas de conservación del suelo (adimensional)

En el siguiente apartado se describirá cada uno de los factores de dicha ecuación y su forma de obtención mediante el software ArcGIS:

Factor (R): Factor de erosividad de las lluvias

Corresponde al índice de erosión pluvial, representa la influencia en la erosión de la energía cinética de los aguaceros fuertes, al disgregar el suelo y compactar la superficie (Bizzarri, 2000).

Generalmente se calcula mediante los datos de los registros pluviográficos pero al no disponer de los mismos, se puede optar por el método del Índice Modificado de Fournier (Calero, 2017), que ya fue anteriormente descrito.

Interpolación con Kriging

Es un método de inferencia espacial que permite obtener valores de lugares donde no se ha hecho el muestreo de datos, se basa en modelos estadísticos como el de auto correlación cuyo resultado tienen un alto grado de predicción (Porras, 2017).

La interpolación de tipo Kriging en el software refleja una correlación espacial que intenta explicar la variación en la superficie utiliza como herramienta una función matemática y todos los puntos que se encuentren cercanos al área de interés (Jenson & Domingue, 1988).

Factor (K): Factor de erodabilidad del suelo

Según Gisbert et al., (2008), el factor de erodabilidad expresa la susceptibilidad del suelo a perder capas por erosión, viene dado en función de la textura, estabilidad de agregados, pedregosidad, estructura y más variables edafológicas.

Para iniciar con el estudio del factor K es necesario comprender que mientras más estables estén los agregados mayor estabilidad y capacidad de transmitir agua tiene el suelo, por otra parte si hay buena capacidad de almacenamiento del agua hay mayor retraso en la escorrentía, esto reducirá el efecto destructivo de los agregados y finalmente si un suelo puede absorber mayor cantidad de agua menor será la escorrentía y por tanto menor será el grado de erosión (Calero, 2017).

Para calcular el valor del factor K se utiliza diferentes metodologías una de ellas es el método directo que consiste en la medición directa en campo de las pérdidas de suelo durante un año, el método práctico y complejo, según la Corporación Autónoma Regional de Tolima [GBIF] (1996), es el nomograma de Wischmeier y Smith propuesto en 1978, pero este requiere de datos muy pormenorizados y al no existir esa información en la mayoría de los casos han utilizado el método alternativo de Kirkby y Morgan propuesto en 1980 el cual utiliza valores asociados al contenido de MO y la textura del suelo (Gisbert et al.,2008), el método no ha desmerecido valor en cuanto a resultados gracias a los estudios de diferentes partes del mundo para establecer valores universales de erodabilidad. Los valores de erodabilidad en función de los porcentajes de MO de las distintas texturas se exponen en el (Anexo 2 literal A).

Factor (LS): Factor Topográfico

El factor topográfico tiene gran incidencia en la estimación de pérdidas de suelo ya que representa dos variables fundamentales, la longitud de la microcuena y la pendiente los dos parámetros afectan sustancialmente la tasa de erosión del suelo (Monjezi et al., 2017).

En consecuencia, la combinación de los dos parámetros define el factor LS, pero se han analizado por separado para comprender mejor su influencia en la intensidad de la erosión hídrica.

Factor L

Es el factor de longitud de la pendiente desde la parte más elevada hasta el punto de confluencia, su análisis es necesario debido a que influye en la pérdida del suelo, por ello en las metodologías se ha planteado una medida estándar de 22.13 metros para los cálculos, más adelante se detallan las fórmulas utilizadas (Jones et al., 2008).

Factor S

El factor S, corresponde al valor de la pendiente, su inclinación tiene mucha influencia en la pérdida de suelos (Jones et al., 2008). El grado de inclinación de la pendiente influye en la circulación de precipitaciones sobre la superficie, a menor ángulo de inclinación mayor posibilidad de infiltración y a mayor ángulo de inclinación se generará más escorrentía, otra afirmación es que la capacidad de disgregación del suelo es mayor, cuando es mayor tanto el grado de inclinación de la pendiente como su factor de longitud (Ibáñez, 2008 como se citó en Calero, 2017).

Según Monjezi et al., (2017) para calcular el factor LS, la ecuación USLE asocia los dos parámetros y se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$LS = \left(\frac{L}{22.13} \right)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2) \quad (26)$$

Dónde:

LS = factor topográfico

L = longitud de la pendiente (metros)

S = porcentaje de inclinación de la pendiente

m = valor constante, en función del porcentaje de inclinación de la pendiente, se detalla en la tabla 13:

Tabla 13: Valor de m en función del porcentaje de inclinación de la pendiente

Condición	Valor de m
Si $S \geq$ al 5%	0.5
Si $3\% \leq S \leq 5\%$	0.4
Si $1\% \leq S \leq 3\%$	0.3
Si $S <$ al 1%	0.2

Fuente: (Ibáñez, 2008 como se citó en Calero, 2017, p.70).

Sin embargo, dada las afirmaciones de Faster y Wischmeier en 1974, donde aseguraban que una microcuena nunca puede ser uniforme, Govers (2014) menciona que se debía dividir a la microcuena en segmentos, y calcular para cada uno su factor de longitud, mediante la siguiente formula:

$$L(i, j) = ((A(i, j) + D^2)^{m+1} - (A(i, j)^{m+1})) / (x^m * D^{m+2} * (22.13)^m) \quad (27)$$

Dónde:

L = longitud de la pendiente

A = acumulación del flujo a nivel del pixel

D = lado del pixel

x = coeficiente de forma, siendo para sistemas pixelados igual a 1

m = constante obtenida con la siguiente expresión:

$$m = \frac{F}{(1 + F)} \quad (28)$$

A la vez el parámetro F , se calcula en función de la pendiente a nivel de pixel (β):

$$F = \left(\frac{\sin\beta}{0.0896} \right) / (3(\sin\beta)^{0.8} + 0.56) \quad (29)$$

Por otra parte, la estimación del factor S se realiza en función de la pendiente a nivel del pixel (β), estableciendo ciertos condicionantes propuestos por McCool et al., (1987).

Tabla 14: *Condiciones para la estimación del Factor S*

Condición	Fórmula Factor S
$\text{Tan } (\beta)_{(i,j)} < 0.09$	$S = 10.8 \sin \beta_{(i,j)} + 0.03$
$\text{Tan } (\beta)_{(i,j)} \geq 0.09$	$S = 16.8 \sin \beta_{(i,j)} - 0.5$

Fuente: (McCool et al., 1987).

Factor (C): Factor de cobertura vegetal

El factor C, hace referencia al grado de protección que puede ofrecer un determinado tipo de cubierta vegetal al suelo, representa el efecto protector del cubrimiento de la vegetación y del manejo de los residuos vegetales como hojarascas y las acciones de las raíces, en el caso de materia forestal el factor C es subjetivo es decir resulta de investigaciones puntuales, y en el caso de suelos agrícolas el factor C, incluye labores externas como el tiempo de siembra, las diferentes rotaciones de cultivos y la preparación del sitio estas labores son modificadas en función del tipo de clima y suelo (Mancilla, 2008).

El factor C, corresponde a la pérdida de suelo de tierras cultivadas, mide el efecto combinado de las variables de gestión y las coberturas interrelacionadas (Monjezi et al., 2017), los valores de C son menores cuando el suelo está protegido del impacto del agua y de la escorrentía superficial y son mayores cuando menor es la cobertura del suelo es decir hay menor protección (GBIF, 1996).

El cálculo del factor C, para cultivos agrícolas exige a detalle todas las labores de rotación y sus equivalentes de erosividad por cada tiempo de rotación se hace a partir de valores tabulados, por otra parte en espacios forestales permanentes o áreas de pasto el factor C se halla en función de la altura de la copa o la capacidad de producir hojarasca y otros residuos (Calero, 2017).

La determinación de factor C, parte de valores tabulados ya sea para cultivos agrícolas o vegetación forestal, es necesario el uso de tablas validadas para las condiciones específicas del caso de estudio.

En el caso de cultivos agrícolas para el planteamiento de los valores de C, Wischmeier y Smith (1978) propusieron seis subsecciones en donde se evaluaron las etapas de cultivos se exponen en la tabla 15:

Tabla 15: *Etapas de cultivos*

Periodo F (Barbecho áspero)	Procedimiento de arado para la labranza secundaria
Periodo SB (semillero)	Labranza secundaria hasta que el cultivo se haya desarrollado el 10% de cobertura de dosel.
Periodo 1 (establecimiento)	Fin de SB, hasta que la cubierta del dosel desarrolle un 50%.
Excepción	El periodo 1 para el algodón termina al 35% de la cubierta del dosel.
Periodo 2 (desarrollo)	Fin el periodo, hasta que la cobertura del dosel alcance el 75%
Periodo 3 (cultivo de maduración)	Fin del periodo dos hasta la cosecha
Periodo 4 (residuo o rastrojo)	Cosecha para una nueva siembra.

Fuente: (Wischmeier & Smith, 1978, p. 18)

Para el caso de áreas boscosas Wischmeier & Smith (1978), definieron ciertas características, como: 1) los terrenos forestales inalterados es decir los bosques naturales; 2) los terrenos forestales empleados para pastoreo, quemados o cosechados de manera selectiva; y 3) terrenos con labores de preparación del suelo después de la cosecha o los que están en proceso de restablecimiento (Mancilla, 2008). Los valores tabulados para bosques naturales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 16: Valores del factor C tabulados para áreas forestales sin alteración

% de área cubierto por dosel y maleza	% de área cubierto por hojarasca al menos 2 in de profundidad	Factor C
100-75	100-90	0.0001-0.001
70-45	85-75	0.002-0.004
40-20	70-40	0.003-0.009

Fuente: (Wischmeier & Smith, 1978. p.33)

Para los terrenos forestales pastoreados, quemados o con cosecha selectiva, Wischmeier & Smith (1978) recomiendan los valores determinados en la tabla que se expone en el (Anexo 2, literal B), la cual fue adaptada por Mancilla (2008), con las debidas correcciones de USDA-ARS.

Finalmente, para terrenos que han tenido un restablecimiento mediante la plantación u otras, Wischmeier & Smith (1978) recomiendan emplear la tabulación de la tabla que se observa en el Anexo 2, literal C; producto del resumen elaborado en el trabajo de Mancilla (2008).

Para la asignación del factor C en cultivos, se toma como referencia las tabulaciones propuestas por Delgado y Vásquez en 1997, autor mencionado en el trabajo de la GBIF (1996). En la tabla 17, se resumen los valores ponderados para el área de interés.

Tabla 17: *Factor C para diferentes cultivos*

Cultivo	Factor C
Suelo desnudo	1.00
Maíz alta densidad	0.415
Frijol baja densidad	0.450
Trigo alta densidad	0.580
Zanahoria	0.690
Asociación Maíz-frijol	0.210
Maíz baja densidad	0.620
Papa	0.610
Ajo	0.820
Remolacha	0.670
Cebolla	0.820
Pasto denso	0.005

Fuente: (GBIF, 1996, p. 848)

Factor P: Factor de prácticas de conservación

Este factor es conocido como el factor de método de control de la erosión, hace referencia a la existencia de prácticas de conservación del suelo como realizar labranzas siguiendo las curvas de nivel, el empleo de fajas de cultivos o las terrazas (Mancilla, 2008). Corresponde a la relación de pérdida entre suelos con o sin prácticas de conservación (GBIF, 1996). Si en el área de estudio no se aplican prácticas de conservación o estas son muy pocas el valor de P será 1.

Para la determinación de los valores de P, se toman en cuenta los valores propuestos por Jung, dichos valores relacionan el factor C con el factor P (Jung, 2008, como se citó en Calero, 2017) se muestran en la tabla 18:

Tabla 18: *Valores del factor P*

Tipo de cobertura	Factor P
Área urbana	1

Suelo desnudo	1
Bosque denso	1
Bosque ralo	1
Bosque mezclado con cultivos Agro forestería	0.8
Cultivos	0.5
Cultivos de inundación	0.5
Pastura densa	1
Pastura rala	1
Pastura con cultivos	0.8
Humedales	1
Cuerpos de agua	1

Fuente: (Jung, 2008, como se citó en Calero, 2017,p.83)

2.7.2. Erosión actual

Es una magnitud de la pérdida de suelos existente en un determinado lugar, se puede calcular con la ecuación USLE mediante un SIG, expresa la erosión en función de las presiones y de más situaciones a las que está sometido el suelo en el momento presente (GBIF, 1996).

Tabla 19: Clasificación de los grados de erosión

Perdida de Suelo (Ton/Ha)	Tipo de erosión
<0,5	Normal
0,5-5	Ligera
05-15	Moderada
15-50	Severa
50-200	Muy severa
>200	Catastrófica

Fuente: (Departamento de Desarrollo Económico, Sostenibilidad y Medio Ambiente ,2017)

2.7.3. Degradación específica

“Se entiende por degradación específica el total de sedimentos derivado de una cuenca de drenaje o una vertiente, medido en una sección transversal de referencia en un periodo de tiempo concreto” (Vanoni,1975, como se citó en Bodoque et al., 2001, p.22).

Existen numerosos métodos para calcular la degradación específica, pero dada su sencillez el más utilizado ha sido el método de FOURNIER, se fundamenta en dos factores el clima y el

relieve, este método se ha adaptado a cuatro tipos de ajuste por regresión lineal dependiendo de las situaciones climáticas y de las formas de relieve (Çelik et al., 2018).

Los tipos de ajuste se lograron estudiando varias cuencas de más de 2000 km² en el mundo, dichos ajustes están en función del coeficiente orográfico de la cuenca:

Para $htg \acute{\alpha} < 6$

$$Y = 6.14X - 49.8 \text{ (para } 8 \leq X \leq 20)(r = 0.80) \quad (30)$$

Para $htg \acute{\alpha} < 6$

$$\begin{aligned} Y &= 27.12 X - 475.4 \text{ (para } X \geq 20)(r = 0.96) \\ Y &= 91.78X - 737.6 \text{ (climas semiaridos)}(r = 0.98) \\ Y &= 652.49X - 513.2 \text{ (otras climas)}(r = 0.95) \end{aligned} \quad (31)$$

Donde:

Y = degradación específica (Ton/km²/año)

X = p^2/P

$htg \acute{\alpha}$ = coeficiente orográfico de la cuenca

2.7.4. Ordenación de una cuenca hidrográfica

Flores (2011), describe que la ordenación de un territorio según la Carta Europea se define como “La expresión espacial de la política económica, social, cultural y ecológica de toda sociedad, con multitud de objetivos, entre ellos el desarrollo socioeconómico y equilibrado de las regiones, la mejora de la calidad de vida, la gestión responsable de los recursos naturales, la protección del medio ambiente, y por último, la utilización racional del territorio”.

Para la ordenación de cuencas hidrográficas se deberá tener en cuenta la planificación física, misma que fundamenta la capacidad del territorio para acoger una actividad determinada, como resultado de la concurrencia de un conjunto de elementos ambientales significativos (Flores, 2011). Uno de los conceptos clave en la aplicación de la sostenibilidad es el de “capacidad del medio para asumir determinadas actividades”. Se trata, de incorporar a los objetivos de la ordenación de cuencas, la protección, conservación y potenciación de los ecosistemas y recursos naturales más valiosos de la cuenca, además de los fines productivos o incluso, protectores de uno o varios recursos (Tejera & García, 2006).

Los criterios de sostenibilidad consideran tanto factores de aptitud como de impacto. La aptitud se refiere al potencial (conjunto de requisitos) que debe poseer un lugar para soportar una actividad determinada; la aptitud varia a mediada que varían los factores del medio o las clases de los

factores estableciéndose un rango para el territorio dado. Mientras que el impacto, se entiende como el efecto que una determinada actuación produce en los elementos del medio, o en las unidades ambientales, el mismo que puede ser beneficioso o no, es decir, positivo o negativo (Flores, 2011).

CAPITULO III

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. Delimitación geográfica

La microcuenca del río Quingeo, se sitúa al sur del Ecuador en la provincia del Azuay, cantón Cuenca, con mayor extensión en la parroquia Quingeo y menor extensión en las parroquias Santana, y San Bartolomé. El área de estudio pertenece a la Cuenca del río Paute y a su vez a la Subcuenca del río Jadán. La microcuenca es drenada por el río Quingeo que surge en la Cordillera Tambo-Maraviña, y desde el cerro Pillanchiquir, termina su recorrido al unirse al río Jadán para luego formar parte del río Paute, su superficie total es de 140,16 km². Las coordenadas UTM del rectángulo de menor superficie que engloba a la microcuenca vienen reflejadas en la siguiente tabla:

Tabla 20: *Ubicación geográfica de la microcuenca hidrográfica*

Puntos Cardinales	Coordenadas UTM	
	X	Y
Suroeste	721632,1875	9652697,25
Noroeste	721642,537059	9675539,81994
Noreste	736607,718053	9675533,03948
Sureste	736597,368494	9652690,46954

Fuente: Autoras

Los límites geográficos son:

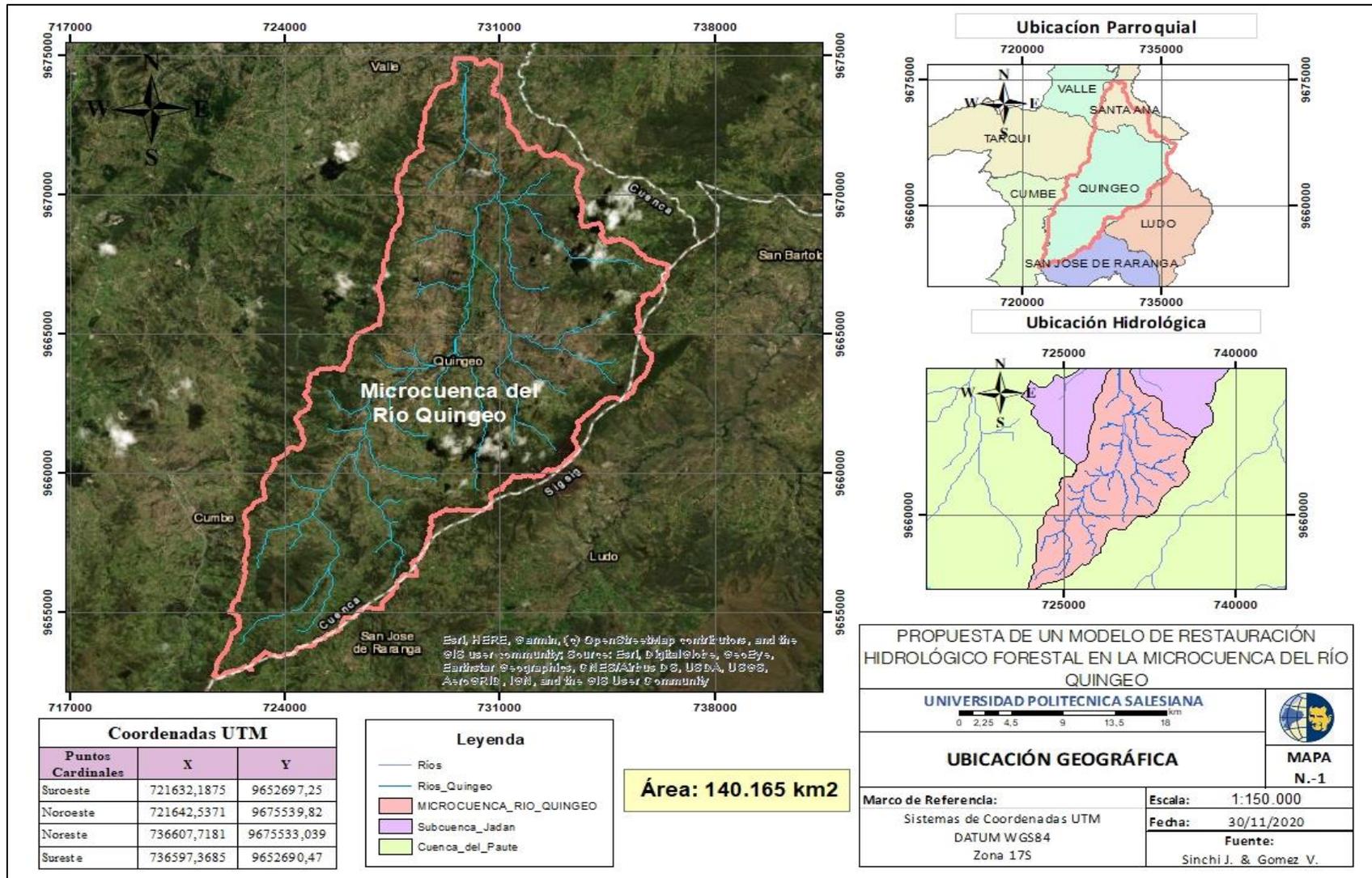
Norte: limita con la microcuenca del río Chordeleg y administrativamente con la parroquia Santana.

Este: con la microcuenca del río Bolo y administrativamente con las parroquias San Bartolomé, y Ludo.

Sur: con las microcuencas del río Cumbe y río Bolo, administrativamente con las parroquias San José de Raranga y Cumbe.

Oeste: con las microcuencas Chaparro y Mutuay y administrativamente con las parroquias Tarqui y el Valle.

La ubicación geográfica de la microcuenca se muestra en el mapa 1.



Mapa 1: Ubicación Geográfica-microcuenca del río Quingeo

Fuente: Autoras

3.2. Delimitación sectorial

Los términos parroquiales que engloba el área de interés son: Quingeo, Santana, San Bartolomé, El Valle, Ludo, San José de Raranga, Cumbe, y Tarqui. En la tabla 21, se describe las superficies de cada termino y la que ocupa dentro de la microcuenca de estudio, así como el porcentaje de superficie que supone la ocupación del término parroquial.

Tabla 21: Superficie de los términos parroquiales que forman parte de la microcuenca hidrográfica

Parroquia	Superficie Total km2	Superficie dentro de la Microcuenca km2	%
Quingeo	116,59	113,972	81,31
El Valle	43,05	0,301	0,22
Santana	44,467347	23,144	16,51
San Bartolomé	38,083516	1,001	0,71
Ludo	77,56	0,906	0,65
San José de Raranga	51,92	0,276	0,20
Cumbe	70,84	0,488	0,29
Tarqui	137,87	0,153	0,11
Total		140,165	100

Fuente: Autoras

3.3. Medio físico

3.3.1. Edafología

De acuerdo a la clasificación edafológica del Sistema Americano de Taxonomía de Suelos, se realizó una caracterización del suelo presente en el área de estudio las categorías establecidas fueron: orden, suborden, gran grupo, y subgrupo se observan en el mapa 2, así también su cuantificación en la tabla 22.

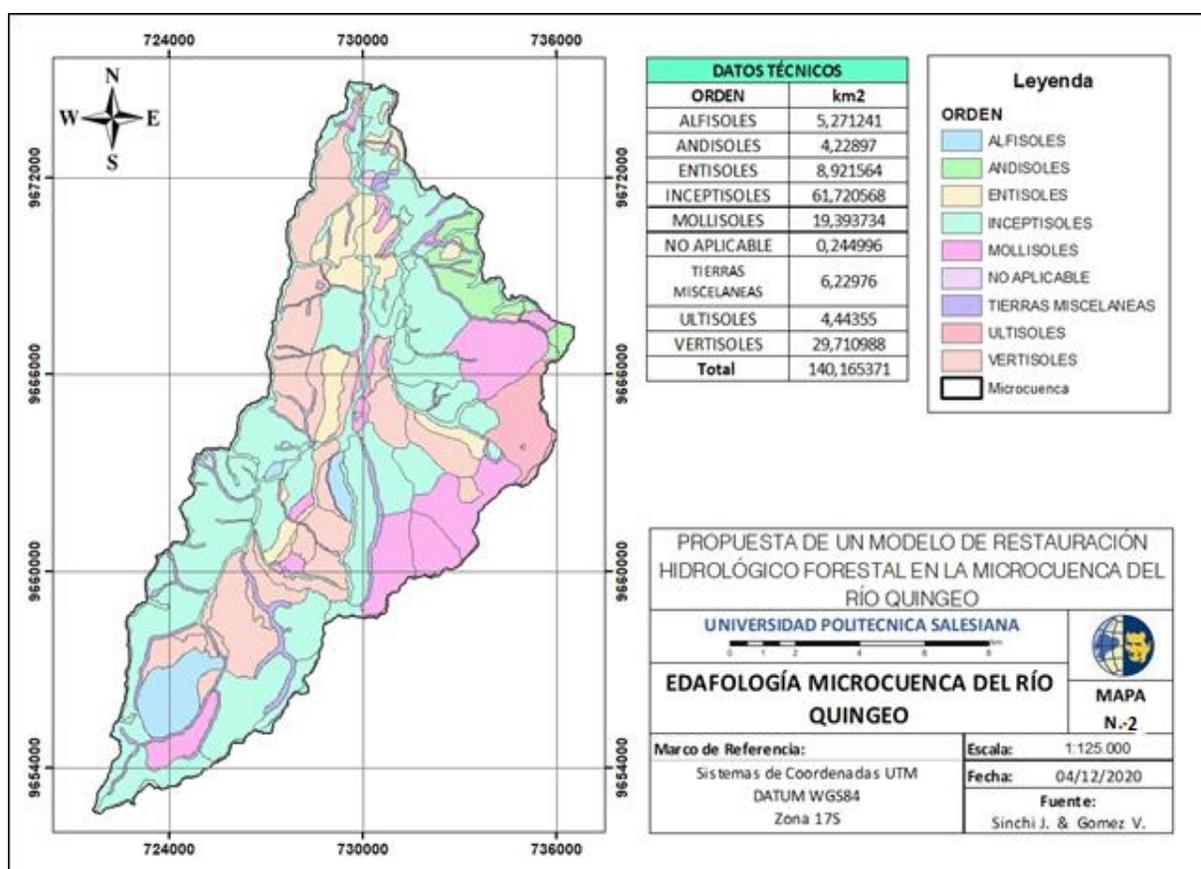
Tabla 22: Clasificación de suelos microcuenca del rio Quingeo.

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Superficie	% Microcuenca
ALFISOLES	UDALFS	HAPLUDALFS	MOLLIC HAPLUDALFS	4,146381	2,958
			TYPIC HAPLUDALFS	0,873155	0,623
	USTALFS	HAPLUSTALFS	TYPIC HAPLUSTALFS	0,251705	0,180
ANDISOLES	UDANDS	HAPLUDANDS	THAPTIC HAPLUDANDS	4,22897	3,017
			TYPIC UDORTHENTS	1,744751	1,245
ENTISOLES			TYPIC USTORTHENTS	5,203374	3,712

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Superficie	% Microcuena	
INCEPTISOLES	ORTHENT S	USTORTHENTS	LITHIC USTORTHENTS	1,973439	1,408	
			ANDIC DYSTRUDEPTS	2,311612	1,649	
			VERTIC DYSTRUDEPTS	7,955656	5,676	
			TYPIC DYSTRUDEPTS	0,411229	0,293	
			HUMIC PACHIC DYSTRUDEPTS	1,102527	0,787	
			DYSTRUDEPTS	HUMIC DYSTRUDEPTS	11,04289	7,878
				OXIC DYSTRUDEPTS	3,333775	2,378
				ANDIC EUTRUDEPTS	0,090968	0,065
				AQUIC EUTRUDEPTS	0,885071	0,631
			UDEPTS	EUTRUDEPTS	TYPIC EUTRUDEPTS	12,542239
	OXYAQUIC EUTRUDEPTS	2,847226			2,031	
	HUMIC EUTRUDEPTS	3,077514			2,196	
	USTEPTS	HAPLUSTEPTS	DYSTRUSTEPT S	HUMIC DYSTRUSTEPTS	4,894051	3,492
			VERTIC HAPLUSTEPTS	2,49901	1,783	
			TYPIC HAPLUSTEPTS	3,210679	2,291	
			OXIC HAPLUSTEPTS	1,618189	1,154	
			UDIC HAPLUSTEPTS	0,337773	0,241	
			OXYAQUIC HAPLUSTEPTS	2,853414	2,036	
			AQUIC HAPLUSTEPTS	0,706745	0,504	
			TYPIC ARGUUDOLLS	1,159449	0,827	
			ARGUUDOLLS	OXIC ARGUUDOLLS	11,392663	8,128
				CUMULIC HAPLUDOLLS	0,207899	0,148
	UDOLLS	HAPLUDOLLS	PACHIC HAPLUDOLLS	4,919585	3,510	
TYPIC HAPLUDOLLS			0,106325	0,076		
LITHIC HAPLUSTOLLS			0,206193	0,147		
TYPIC HAPLUSTOLLS			0,355083	0,253		
PACHIC HAPLUSTOLLS			0,239648	0,171		
MOLLISOLES	USTOLLS	ARGIUSTOLLS	TYPIC ARGIUSTOLLS	0,806889	0,576	
NO APLICABLE TIERRAS MISCELANEAS	No aplicable TIERRAS MISCELANEAS	NO APLICABLE TIERRAS MISCELANEAS	NO APLICABLE	0,244996	0,175	
			TIERRAS MISCELANEAS	6,22976	4,445	

Orden	Suborden	Gran Grupo	Subgrupo	Superficie	% Microcuenca
ULTISOLES	HUMULTS	KANDIHUMULTS	TYPIC KANDIHUMULTS	4,44355	3,170
			CHROMIC HAPLUDERTS	10,851231	7,742
	UDERTS	HAPLUDERTS	TYPIC HAPLUDERTS	7,489319	5,343
VERTISOLES			CHROMIC HAPLUSTERTS	0,961199	0,686
			USTERTS	HAPLUSTERTS	TYPIC HAPLUSTERTS
	TOTAL			140,16537	100

Fuente: (MAG, 2019)



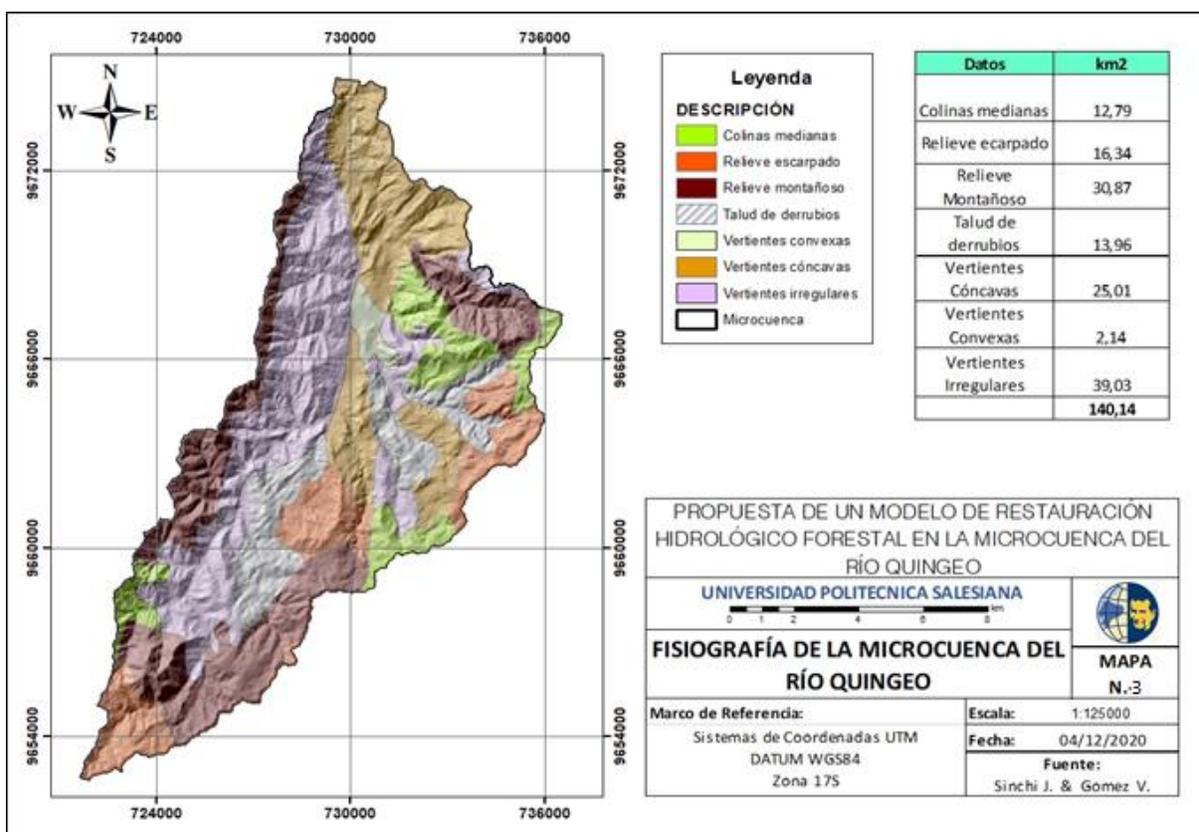
Mapa 2: Clasificación edafológica-microcuenca del río Quingeo

Fuente: (MAG, 2019) Elaboración: Autoras

3.3.2. Fisiografía

Desde un punto de vista geomorfológico, el área de estudio está formada en su mayor parte por vertientes irregulares que se hallan por toda la microcuenca en una extensión de 39,03 km², en la parte del Este se encuentran relieves escarpados y algunas colinas medianas sus superficies son 16,34 km² y 12,79 km² respectivamente, en la zona Oeste se halla un relieve montañoso con una extensión de 30,87 km², y taludes de derrubios con extensión de 13,96 km², en la zona baja de la microcuenca se encuentran vertientes cóncavas con 25,01 km² y finalmente en la zona media vertientes convexas con 2,14 km².

En el mapa 3, se presenta la fisiografía de la microcuenca desde un punto de vista geomorfológico.



Mapa 3: Fisiografía-microcuenca del río Quingeo

Fuente: (IERSE, 2019) Elaboración: Autoras

3.3.3. Uso de suelo

De acuerdo a la información geográfica del Mapa Interactivo Ambiental del Ecuador, se han establecido 6 grupos de coberturas de suelo, los cuales están expuestos en la siguiente tabla y representados en mapa 4.

Tabla 23: *Usos de suelo*

Uso de suelo	Superficie km2	%
Área sin cobertura vegetal	0,99615	0,71
Bosque Nativo	24,241318	17,29
Infraestructura	0,284185	0,20
Plantación Forestal	0,231184	0,16
Tierra Agropecuaria	111,167638	79,31
Vegetación Arbustiva y Herbácea	3,244897	2,32
Total	140,165372	100

Fuente: (MAE, 2019)

Vegetación arbustiva y herbácea

Son plantas leñosas que a diferencia de los arboles no yerguen sobre un solo tronco, sino que se ramifican desde la misma base se conocen como matorral, están presentes en una extensión total de 3.24 km² y representan el 2.32% de la superficie de la microcuenca, este tipo de vegetación se encuentra en las colinas altas de la zona alta y media de la microcuenca.

Tierra agropecuaria

La actividad primaria en la microcuenca según la información levantada previamente corresponde a la agricultura y ganadería esto representa la mayor fuente de trabajo y por tanto la economía es por esa razón que las tierras agropecuarias representan el mayor porcentaje entre los usos del suelo casi un 80% del total de la superficie.

Plantación forestal

Gracias a la existencia de algunos convenios de restauración ejecutados por los Gobiernos Autónomos Descentralizados de San Bartolomé y San José de Raranga. dentro de la microcuenca existe un 0.16% de plantación forestal.

Infraestructura

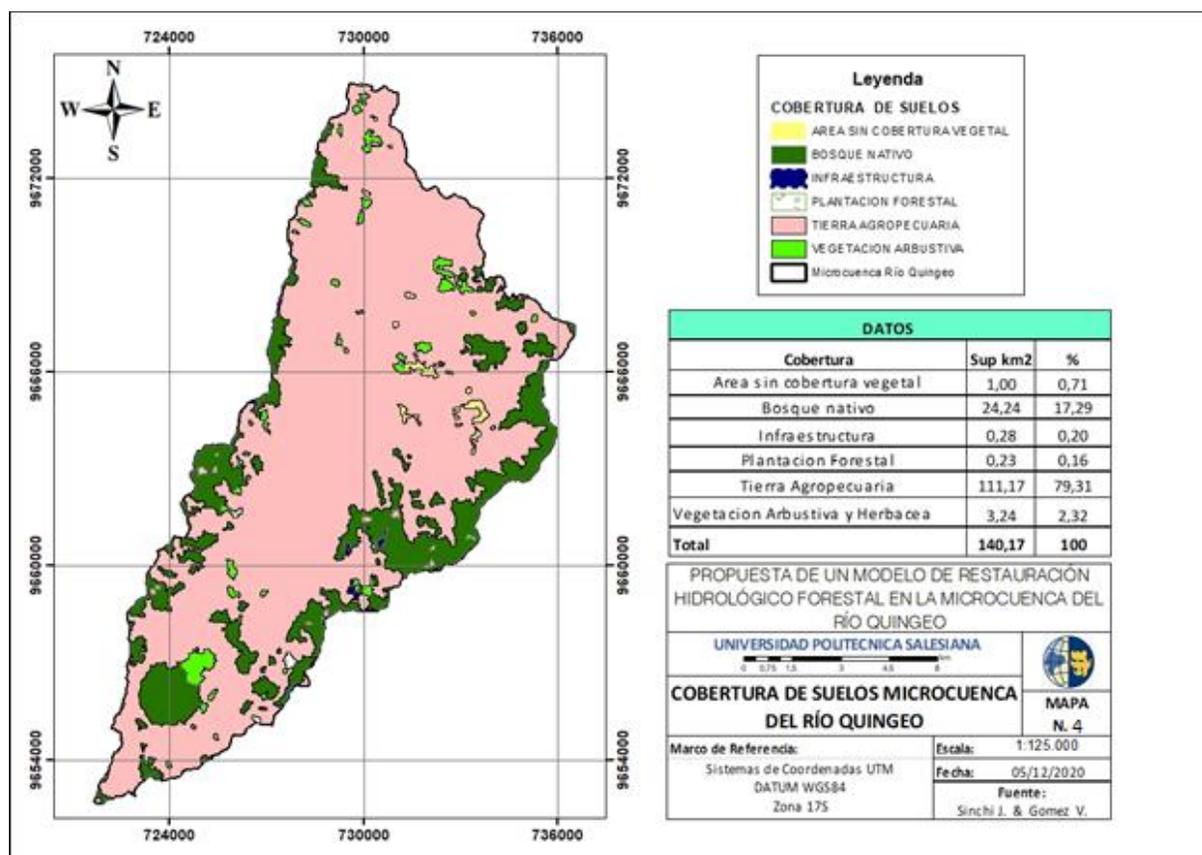
En la Microcuenca del Río Quingeo, la cantidad de infraestructura es mínima las instalaciones son escasas y las existentes en la zona baja tan solo representan el 0.20% del total de la superficie.

Bosque nativo

Es el segundo grupo mayoritario en cuanto a superficie, con 24.24 km², lo que supone el 17.29 % del total, se encuentra en la zona alta de la microcuenca y cerca de los límites divisorios de la microcuenca.

Área sin cobertura vegetal

Conociendo la problemática de la microcuenca este grupo pertenece a las zonas altamente erosionadas que se pueden identificar en la información cartográfica, y que se encuentran en la zona baja de la microcuenca.



Mapa 4: Uso de suelos-microcuenca del río Quingeo

Fuente: (MAE, 2019) Elaboración: Autoras

3.4.Climatología y meteorología

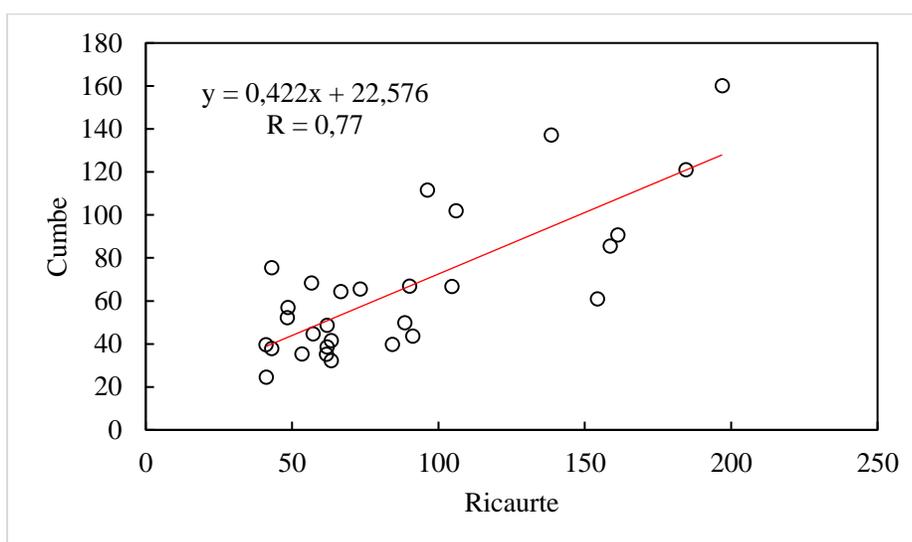
La caracterización climática de la microcuenca, se ha realizado utilizando las variables de precipitación, temperatura media, temperatura máxima y temperatura mínima; datos establecidos por diferentes estaciones convencionales cercanas a la misma, en un periodo de 28 años (1983 – 2013) para cada variable, estos datos fueron aportados por el Instituto Nacional de Meteorología e

Hidrología (INAMHI), del cual se obtuvo los registros de datos para las diferentes estaciones meteorológicas de interés.

Relleno de datos faltantes (método de regresión lineal)

En todos los registros se verificó la falta de datos, por lo cual se empleó el método de regresión lineal, que analiza el grado mayor de correlación de mes a mes de las diferentes estaciones seleccionadas, y así asociar las estaciones meteorológicas que presenten una mayor analogía para el cálculo eficiente de los datos faltantes (Ver Anexo 1, literal C). En la figura 13, se puede observar el grado de correlación que se presentó en el mes de mayo para la precipitación entre las estaciones Ricaurte-Cumbe, con un valor de 0,77; de igual manera, se puede observar la ecuación lineal resultante que fue utilizada para el relleno de datos faltantes en el mes de mayo.

Figura 7: Regresión lineal para las series de precipitación del mes de mayo Ricaurte-Cumbe



Fuente: Autoras

De acuerdo al análisis de correlación “r”, estimado para cada mes entre los promedios mensuales de precipitación de las estaciones Cumbe, Gualaceo y Ricaurte, se observó una similitud entre 0,3 y mayores a 0,7, que de acuerdo a lo manifestado por Laguna (2019), los datos presentan una analogía de “moderada” y “alta”. Para los promedios mensuales de temperatura mínima, media y máxima, el análisis de correlación presentó una asociación “moderada” de los datos registrados en las estaciones Gualaceo, El labrado y Saraguro. Obteniendo valores adecuados de correlación, se rocedió a rellenar los datos faltantes mediante la ecuación lineal resultante para cada mes de las diferentes variables climáticas. En el Anexo 1, literal D, se detalla el valor de correlación “r”; la

ecuación lineal resultante para cada mes de las diferentes estaciones; y los datos rellenados por este método.

Homogenización y validación de datos

Para verificar, si los datos climáticos rellenados por el método de regresión lineal cumplen con una homogeneidad entre sí, se utilizaron dos métodos: el primer método de comprobación fue el método de pruebas de rachas de Thom, el mismo que calcula los valores de NA y NS, para establecer el porcentaje de probabilidad en un rango del 10% al 90% (Ver Tabla 10), y de acuerdo a Hidalgo (2016), si los datos rellenados están dentro de este rango, los datos son considerados como homogéneos a lo largo del periodo observado. En la Tabla 55, se exhibe los resultados obtenidos mediante la prueba de rachas de Thom, determinando que los datos climáticos de las diferentes estaciones meteorológicas si cumplen con la homogeneidad, así también se puede observar los datos rellenados para cada variable climática. En el Anexo 1, literal E, se puede observar el procedimiento realizado.

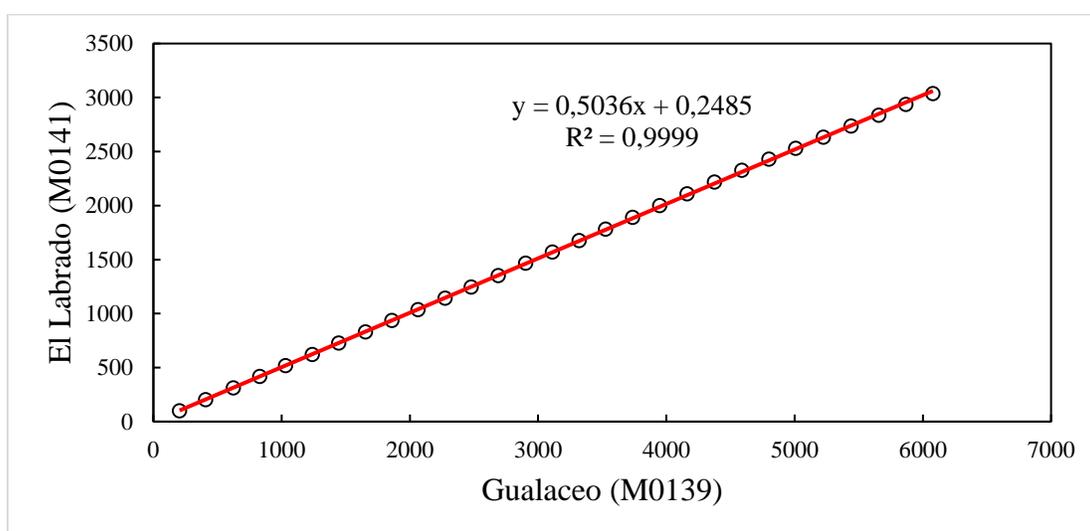
Tabla 24: *Resultados obtenidos prueba de Rachas*

Estación	NA	NS	Homogeneidad
Para la Precipitación			
(55 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	13	SI
Cumbe (M0418)	14	13	SI
Ricaurte (M024)	14	15	SI
Para la Temperatura mínima			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	13	SI
El Labrado (M0141)	11	12	SI
Saraguro (M0142)	10	11	SI
Para la Temperatura media			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	12	SI
El Labrado (M0141)	14	13	SI
Saraguro (M0142)	11	10	SI
Para la Temperatura máxima			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	18	SI
El Labrado (M0141)	11	9	SI
Saraguro (M0142)	10	11	SI

Fuente: Autoras

El segundo método utilizado para evaluar la homogeneidad de los datos rellenados, fue el de curva de doble masa o de acumulación, donde se calculó el valor anual acumulado de las diferentes variables climáticas tanto para la estación rellenada como para la estación de referencia, obteniendo resultados mayores a 0,9 que indican una alta consistencia entre los datos evaluados (Ver Anexo 1, literal E5). Como se puede observar en la gráfica de dispersión (Fig. 14), los datos anuales de temperatura media acumulada de las estaciones Gualaceo – El Labrado, obtuvieron un coeficiente de correlación de 0,99, cuyo valor al ser próximo de la unidad, se puede estipular que los datos cumplen con la validación de homogeneidad.

Figura 8: Curva de doble masa estaciones Gualaceo – El Labrado.



Fuente: Autoras

Finalmente, la información proporcionada por el INAMHI fue completada, homogenizada y validada, obteniendo una serie de datos óptimos para llevar a cabo el análisis del valor medio de las diferentes variables climáticas (precipitación media, la temperatura mínima, media y máxima), que se registrarían dentro del área de la microcuenca del río Quingeo. Estas series de datos completados y validados, de las diferentes estaciones meteorológicas se pueden observar en el (Anexo 1, literal F).

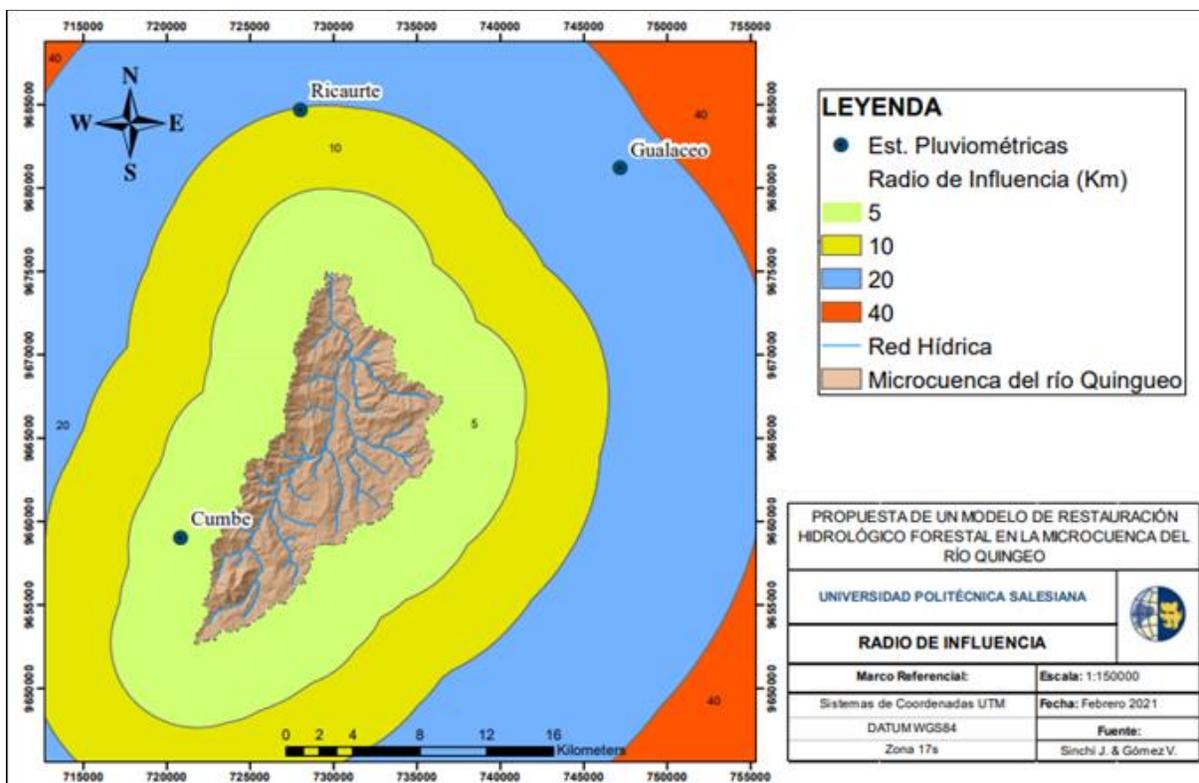
3.4.1. Precipitación

Los datos de precipitación considerados se basaron en tres estaciones pluviométricas próximas al área de estudio (Ver mapa 5), estas estaciones proporcionaron datos de precipitación en un periodo de 28 años, las mismas que se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 25: Estaciones pluviométricas cercanas a la microcuenca del río Quingeo

Código	Estación	Tipo	Estado	latitud	longitud
M0139	Gualaceo	Pluviométrica	Activa	-2,88194	-78,77638
M0418	Cumbe	Pluviométrica	Activa	-3,08277	-79,0127
M0426	Ricaurte	Pluviométrica	Activa	-2,85083	-78,94861

Fuente: INAMHI

**Mapa 5:** Zona de influencia de las estaciones pluviométricas

Fuente: Autoras

3.4.2. Temperatura mínima, media y máxima

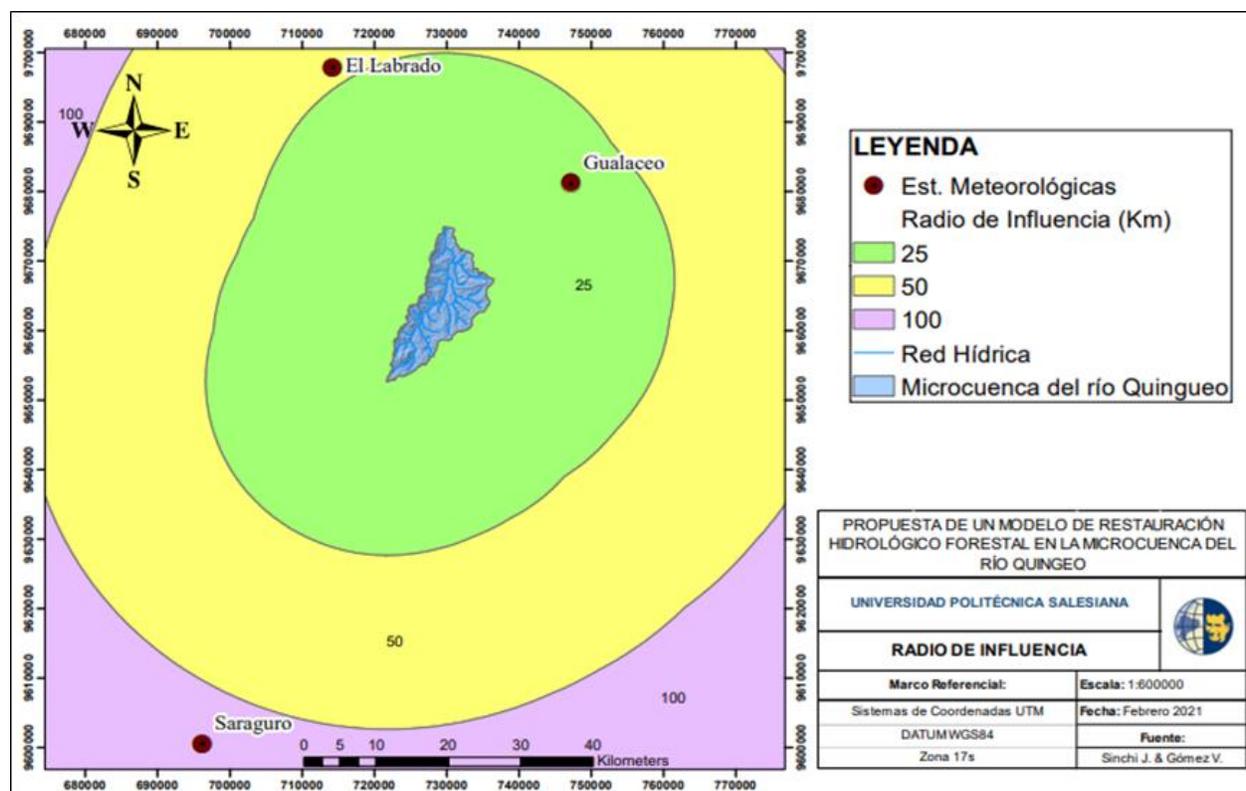
De igual manera, se seleccionaron tres estaciones para determinar la temperatura mínima, media y máxima de la zona en estudio; En la Tabla 25 se observa las estaciones climatológicas ordinarias seleccionadas (Ver, mapa 6).

Tabla 26: Estaciones climatológicas ordinarias cercanas a la microcuenca del río Quingeo

Código	Estación	Tipo	Estado	latitud	longitud
M0139	Gualaceo	Climatológicas Ordinarias	Activa	-2,88194	-78,77638
M0141	El labrado	Climatológicas Ordinarias	Activa	-2,73277	-79,07305
M0142	Saraguro	Climatológicas Ordinarias	Activa	-3,61194	-79,2338

Fuente: INAMHI

En la Tabla 26, se expone un resumen de: la precipitación media (PP), en mm; la temperatura mínima absoluta media (ma), la temperatura mínima media (m), la temperatura media (T), la temperatura máxima absoluta media (Ma), y la temperatura máxima media (ma), en °C, estos datos son denominados como Año Normal, siendo estos la base de datos utilizados para caracterizar climatológicamente la microcuenca.

**Mapa 6:** Zona de influencia de las estaciones climatológicas ordinarias

Fuente: Autoras

3.4.3. Precipitación y temperatura media mensual espacial

Con la generación de mapas de isoyetas e isotermas (Ver Anexo 1, literal F), se realizó un análisis espacial de la precipitación y temperatura que registra lo microcuenca.

En los mapas mensuales de isoyetas expuestos, se puede observar que la precipitación media mensual presenta dos comportamientos en todo el año, donde la zona norte de la microcuenca es la que registra más lluvia en los meses de octubre hasta abril, mientras que desde mayo hasta septiembre las lluvias más altas se extienden a la zona más alta, es decir, hacia el sur – oeste.

En las isotermas generadas para la temperatura, se puede determinar que en todo el año se tuvo un solo comportamiento, donde las temperaturas mayores fueron registradas hacia la parte baja de la microcuenca (zona norte), que de acuerdo a lo establecido por Román (1979), esta variable tiene una relación lineal con la altitud, verificando en las isotermas que a mayor altura, menor temperatura, como se puede observar en el (Anexo 1, literal G).

Tabla 27: Año normal de la microcuenca del río Quingeo.

Variable climática	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Promedio	Suma
Ma (°C)	20,81	20,74	20,54	19,82	20,42	19,07	18,05	18,65	19,00	20,43	21,59	20,75	19,99	239,88
M (°C)	18,05	17,70	17,81	17,51	17,26	16,27	15,43	16,10	16,64	17,92	18,33	18,29	17,28	207,31
T (°C)	12,40	12,22	12,29	12,29	12,06	11,42	10,62	10,86	11,55	12,10	12,57	12,50	11,91	142,88
m (°C)	6,89	7,03	7,00	7,26	7,30	6,74	5,92	5,92	6,06	6,84	6,94	6,83	6,73	80,73
ma (°C)	3,64	3,70	3,26	3,33	3,58	4,00	3,64	3,10	3,44	3,08	3,51	3,46	3,48	41,74
PP (mm)	64,65	83,66	97,96	104,67	76,74	53,37	27,94	26,57	49,49	71,31	64,68	64,10	65,43	785,14

Fuente: Autoras

3.4.4. Precipitación y temperatura media mensual temporal

Con la información del año normal, se ha realizado un análisis temporal de la precipitación y las temperaturas medias mensuales, obteniendo los regímenes tanto pluviométricos como térmicos.

Régimen pluviométrico

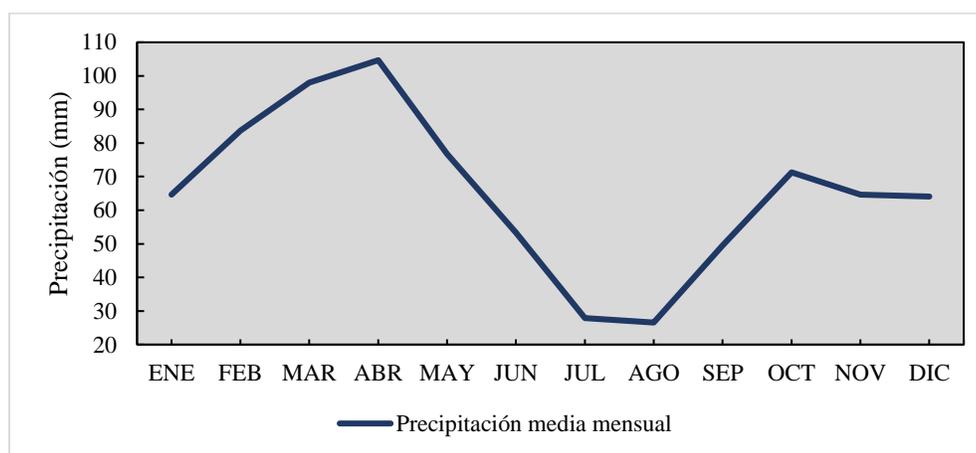
En la distribución temporal de la precipitación media mensual, se exhibe que el mes de mayor precipitación es abril con 104,67 mm, mientras que la precipitación del mes más seco es agosto con 25,57 mm. De acuerdo a las estaciones, se observa que la estación de invierno es la estación más lluviosa y la estación más seca, corresponde a verano (Ver Tabla 27).

Tabla 28: Régimen pluviométrico de la microcuenca del río Quingeo

Características	Resultado
Mes más lluvioso	Abril (104,67 mm)
Mes más seco	Agosto (26,57 mm)
Precipitación en invierno (Ene, Feb, Mar)	246,27 mm
Precipitación en verano (Jul, Ago y Sep)	103,99 mm
Estación más lluviosa	Invierno
Estación más seca	Verano

Fuente: Autoras

Brito (2018) manifiesta que, un régimen bimodal está determinado por presentar dos picos máximos y dos picos mínimos de lluvia, el cual es considerado como un régimen andino. De acuerdo a estos antecedentes, y mediante el análisis de la distribución temporal de la precipitación media mensual (Ver Fig. 7), se puede deducir que la microcuenca del río Quingeo tiene un comportamiento de régimen andino.

Figura 9: Distribución temporal de la precipitación media mensual.

Fuente: Autoras

Régimen térmico

Así también, se ha realizado un análisis temporal de las temperaturas medias que se registran en el área de estudio, teniendo que el mes más cálido es noviembre con una temperatura de 12,57 °C, el mes más frío es julio con una temperatura de 10,62°C. La temperatura mínima observada en un periodo de 28 años es 3,08 °C y la temperatura máxima absoluta en este periodo de observación es 21,59 °C. En la tabla 28, se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 29: Régimen térmico

Características	Resultado
Mes más cálido	Noviembre (12,57 °C)
Mes más frío	Julio (10,62 °C)
Temperatura media de las mínimas del mes más frío	5,9 °C
Temperatura media de las máximas del mes más cálido	18,3 °C
Oscilación media anual de la temperatura	12,4 °C
Temperatura media de las máximas de verano (Jul, Ago, y Sep)	18,57 °C
Máxima absoluta del periodo de observación (28 años)	21,59 °C
Mínima absoluta del periodo de observación (28 años)	3,08 °C

Fuente: Autoras

3.4.5. Índices climáticos relacionados con la humedad

El cálculo de la ETP permite comprender las condiciones de humedad de la zona en estudio.

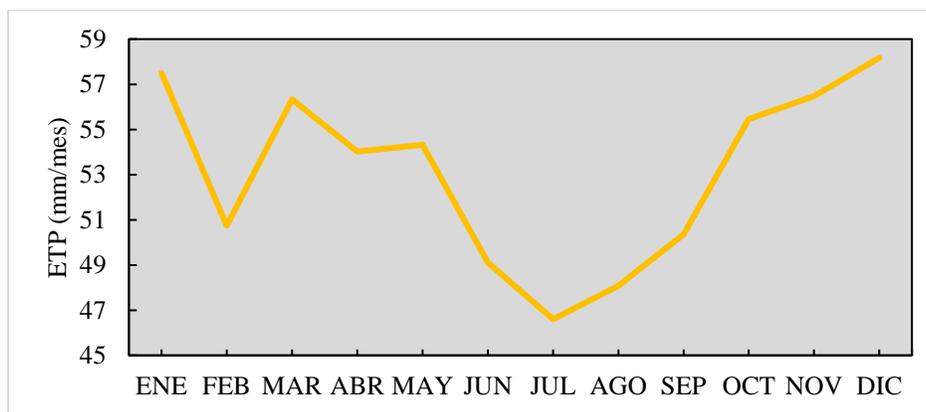
Tabla 30: Cálculo de la ETP

	PP media (mm)	T ^a media (°C)	Horas insol.	Días del mes	Índice de calor mensual	a	ETP sin corregir	ETP
ENE	64,65	12,40	12,3	31	3,96	1,20	54,45	57,51
FEB	83,66	12,22	12,2	28	3,87	1,20	53,46	50,73
MAR	97,96	12,29	12,1	31	3,90	1,20	53,84	56,33
ABR	104,67	12,29	12,0	30	3,90	1,20	53,82	54,02
MAY	76,74	12,06	12,0	31	3,79	1,20	52,64	54,32
JUN	53,37	11,42	12,0	30	3,49	1,20	49,29	49,11
JUL	27,94	10,62	12,0	31	3,13	1,20	45,20	46,60
AGO	26,57	10,86	12,0	31	3,24	1,20	46,43	48,08
SEP	49,49	11,55	12,1	30	3,55	1,20	49,96	50,36
OCT	71,31	12,10	12,2	31	3,81	1,20	52,87	55,46
NOV	64,68	12,57	12,3	30	4,04	1,20	55,31	56,48
DIC	64,10	12,50	12,3	31	4,00	1,20	54,96	58,17
Suma	785,14	142,88			44,68			637,16

Fuente: Autoras

La variabilidad de ETP estimada por Thornthwaite se ilustra en la Fig. 8, donde se puede observar que el mayor pico de ETP se registró en el mes de diciembre y el menor en el mes de julio.

Figura 10: ETP de la microcuenca del río Quingeo.



Fuente: Autoras

Se estimó el balance hídrico, como se muestra en la tabla 30 y para la obtención de la capacidad de campo, se tomó el valor de una tabla referencia (Israelsen y Hansen, 1979, citado por Cisneros, 2003), las cuales son de estimaciones realizadas de forma empírica mediante una fórmula que toma en cuenta el porcentaje de las diferentes texturas presentes en el suelo, de esta manera según la textura que predomina en la microcuenca en estudio (PDOT Quingeo, 2019), la cual es arcillosa-arenosa, nos muestra según la tabla que se encuentra en el anexo 1 literal b, que la capacidad de campo varía de 31-35 mm, por consiguiente se tomó el valor máximo que es 35 mm.

Tabla 31: Estimación del balance hídrico

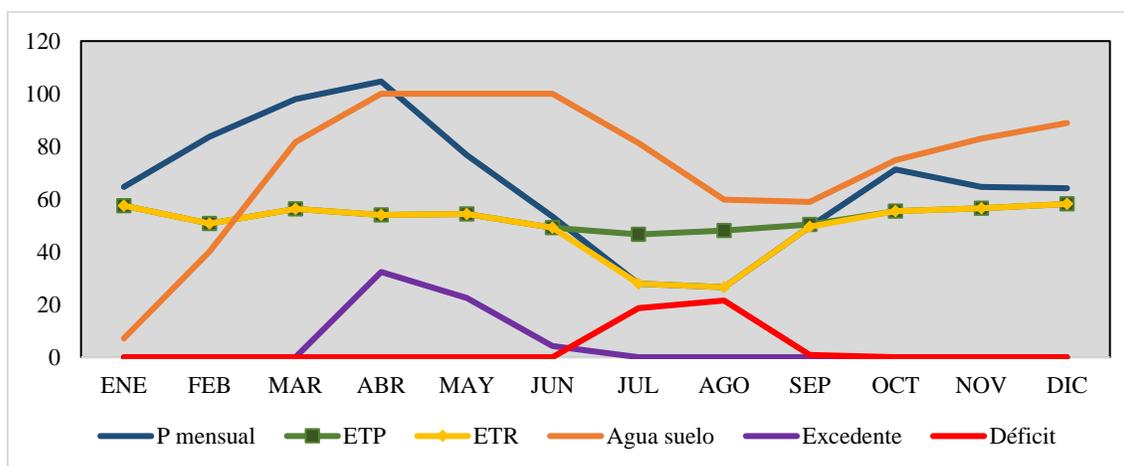
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	SUMA
P mensual	64,65	83,66	97,96	104,67	76,74	53,37	27,94	26,57	49,49	71,31	64,68	64,10	785,14
ETP	57,51	50,74	56,33	54,02	54,32	49,11	46,60	48,08	50,36	55,46	56,48	58,17	637,16
P - ETP	7,14	32,92	41,63	50,65	22,43	4,27	-18,66	-21,51	-0,87	15,86	8,20	5,93	147,99
ETR	57,51	50,74	56,33	54,02	54,32	49,11	27,94	26,57	49,49	55,46	56,48	58,17	596,11
Agua suelo	7,14	32,92	35,00	35,00	35,00	13,86	0,00	0,00	0,00	15,85	8,20	5,93	188,90
Excedente	0	0	6,33	21,98	9,40	0,00	0	0	0	0	0	0	37,71
Déficit	0	0	0	0	0	0	18,66	21,51	0,87	0	0	0	41,04

Fuente: Autoras

Estos resultados se pueden apreciar de una mejor manera en la Fig. 9, donde se puede observar que todos los meses del año, el suelo cuenta con reservas de agua. Esto se debe a que, en los meses de abril hasta junio las precipitaciones son muy altas inclusive para poder llenar las reservas de agua en el suelo para los meses de baja precipitación, en donde se equipara el balance, y específicamente es en los meses de marzo, abril y mayo donde se producen altas precipitaciones que ocasionan excedentes de 6,33 mm, 21,98 mm y 9,40 mm, respectivamente, los cuales generaran esorrentía en la microcuenca. Sin embargo, se determinó que existe un déficit para los meses de julio de 18,66 mm, agosto de 21,51 mm y septiembre de 0,87 mm, los cuales son recompensados o utilizan las reservas de agua de meses anteriores para cubrir las demandas de ETP.

La evapotranspiración real de la microcuenca se extiende desde los meses de octubre hasta junio, alcanzando valores iguales a los de ETP y en los meses de julio, agosto y septiembre las precipitaciones son menores a los requisitos de ETP, por los cuales la evapotranspiración real toma los valores de precipitación.

Figura 11: Balance hídrico de la microcuenca del río Quingeo



Fuente: Autoras

Por otro lado, tomando en cuenta la clasificación del régimen hídrico descrito por Lujan et al. (2007), se puede deducir que la microcuenca del río Quingeo tiene un régimen de clasificación “hídrico”. Así también, el índice de humedad tuvo un valor de 2,82 %, que de acuerdo a la tabla 10, establecida por Ruiz Álvarez et al. (2012), la microcuenca del río Quingeo tiene un clima “Húmedo – Subhúmedo”.

3.4.6. Clasificación bioclimática

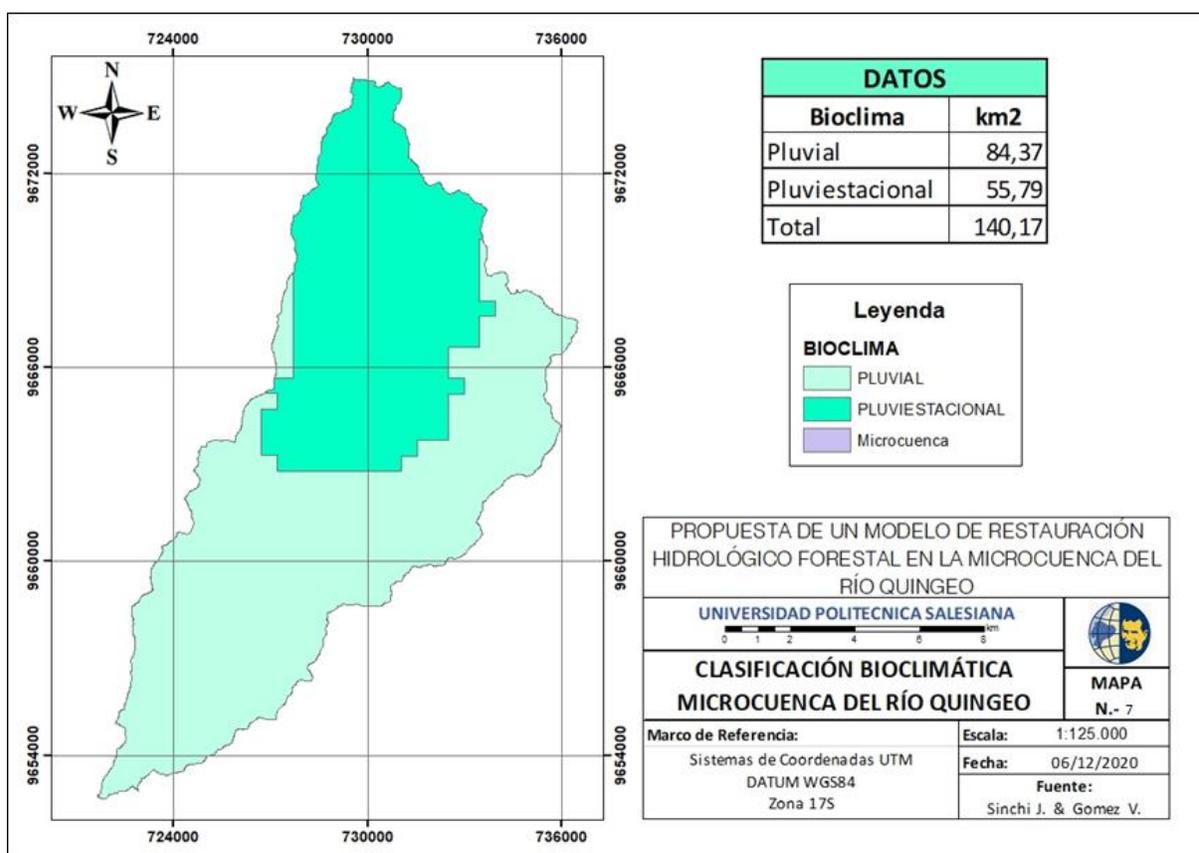
La caracterización bioclimática ubica al área de interés en el macrobioclima tropical, así lo afirma Martínez (2008), dada sus características presenta un bioclima pluvial y pluviestacional.

La mayor parte de la superficie se incluye dentro del bioclima pluvial con una extensión de 84,37 km², y en menor proporción en el bioclima pluviestacional con 55,79 km², en la tabla a continuación se muestra la superficie de los bioclimas y el porcentaje que suponen en la microcuenca y la distribución geográfica se representa en el mapa 7.

Tabla 32: Bioclimas de la microcuenca del río Quingeo

Bioclima	km ²	% Microcuenca
Pluvial	84,37478	60,20
Pluviestacional	55,79059	39,80
Total	140,16537	100

Fuente: Autoras



Mapa 7: Clasificación bioclimática-microcuenca del río Quingeo

Fuente: (MAE, 2019) Elaboración: Autoras

3.5. Medio Biótico

3.5.1. Vegetación

De acuerdo a la cartografía de los Sistemas de Información Geográfica aplicado en el Manejo Integral de Cuencas generada por la Universidad del Azuay, se han establecido 11 tipos de vegetación, presentes en la microcuenca, los cuales están resumidos en la siguiente tabla y representados en el mapa 8.

Tabla 33: *Tipos de vegetación*

Tipo de Vegetación	Superficie km²	%
Bosque natural	0,76	0,54
Bosque natural-pastos plantados	0,09	0,07
Bosque natural intervenido	8,72	6,22
Cultivos de ciclo corto	3,40	2,42
Cultivos de ciclo corto- pastos plantados	0,21	0,15
Cultivos indiferenciados	0,03	0,02
Cultivos indiferenciados-pastos plantados	0,85	0,61
Maíz	24,72	17,64
Pastos naturales	7,67	5,47
Pastos plantados	72,99	52,07
Vegetación arbustiva	20,74	14,79
Total	140,17	100

Fuente: (UDA, 2017)

Bosque Natural

El ecosistema natural de la microcuenca se ubica en la zona más alta y corresponde al cerro Pillanchiquir, este tipo de vegetación propia del área en estudio representa 0.54% del total de la superficie, es gracias a estos bosques naturales que se han mantenido algunas fuentes de agua que abastecen a la parroquia Quingeo.

Bosque Natural Intervenido

Debido a las actividades antrópicas y en algunos casos a los fenómenos naturales los bosques han sufrido cambios en su formación primaria, tal es el caso que existe una superficie que esta intervenida por el hombre, representando un 6.22 % del total de la superficie y su ubicación está en el límite con las parroquias Tarqui y El Valle al oeste de la microcuenca.

Cultivos de ciclo corto

Este tipo de vegetación está presente durante todo el año debido al desarrollo de la actividad agrícola que es una actividad primaria en el área en estudio, junto con los cultivos de ciclo corto de pastos plantados tienen una extensión de 3.60 km², estas actividades se realizan mayormente en la zona baja de la microcuenca y en pequeña proporción en la zona alta.

Cultivos Indiferenciados

Los cultivos indiferenciados también han sido aplicados como una técnica en el desarrollo de la agricultura, estos con los cultivos indiferenciados de pastos plantados comúnmente se observan en las zonas altas de la microcuenca y representan un 0.63% del total de la superficie.

Maíz

El maíz es un cereal muy producido en la microcuenca, además de ser un producto de alimentación, su comercialización sirve para la subsistencia de la población de la parroquia Quingeo, su producción se realiza en las zonas bajas en una extensión de 24.72 km², que corresponde al 17.64 % de total de la superficie.

Pastos Naturales

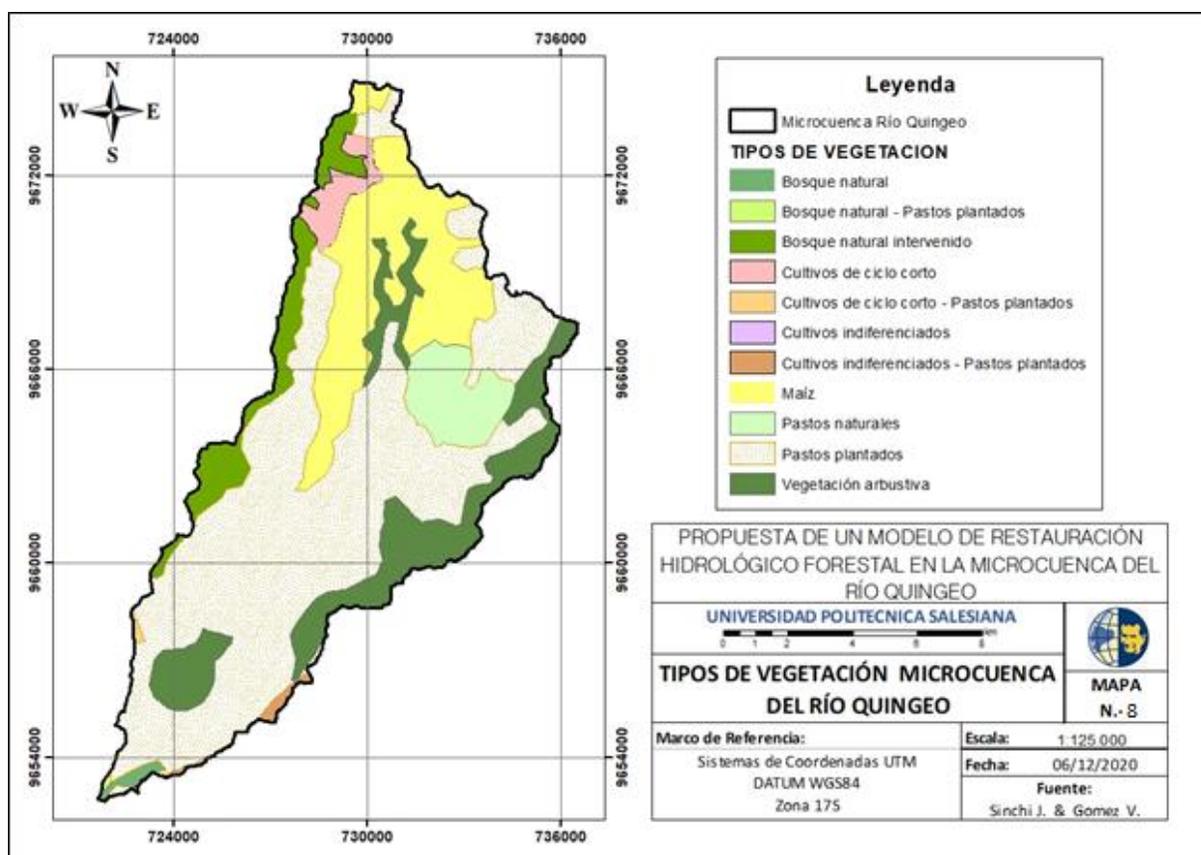
Son caracterizados en la microcuenca porque se utilizan para la alimentación del ganado que corresponde a una actividad económica representativa en el área, este tipo de vegetación representa un 5.47% del total de la superficie y se encuentran mayormente en la zona media.

Pastos plantados

Este grupo representa la mayor superficie con 72.99 km², que es más del 50% del total de la superficie los pastos plantados se hallan en toda la extensión de la microcuenca.

Vegetación arbustiva

Se puede diferenciar las plantas leñosas con mayor densidad en la colina de la zona alta de la microcuenca y también en la línea divisoria con la microcuenca del río Bolo, este grupo es el tercero en cuanto a superficie con 20.74 km² representando un 14.79% de total.



Mapa 8: Tipos de vegetación-microcuenca río Quingeo

Fuente: (UDA, 2017) Elaboración: Autoras

3.6. Medio Socioeconómico

3.6.1. Demografía

La parroquia Quingeo tiene una población de 7450 habitantes, distribuidos en 28 comunidades y 2 barrios, existe una población concentrada de 190 habitantes en la cabecera parroquial de Quingeo y 7260 habitantes distribuidos en el área rural, la parroquia cuenta con el 2.55% de población ubicada en el centro parroquial y el 97.45% se encuentra en el área rural en forma dispersa (Gobierno Autónomo Descentralizado Parroquial Quingeo[GADPQ], 2019).

Los datos demográficos de la parroquia Quingeo han sido proporcionados por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), dichos datos se presentan a continuación:

Tabla 34: *Datos demográficos parroquia Quingeo*

Asentamiento Humano	Habitantes
Quingeo-Centro	190
Cochapamba Grande - La Conferencia - San Vicente - Yanallpa	389
Cochapamba Grande	192
Los Laureles - Cochapamba Grande	204
El Verde	250
El verde	174
Quinzhaloma - El Verde	166
Punta Hacienda	171
Punta Hacienda	219
Punta Hacienda	175
Rumipamba	147
Monjas	146
Monjas	425
Turupamba	335
Cochapamba Chico	258
Quingeo Loma	166
Centro Parroquial - Cochapamba Grande	166
Centro parroquial – Allpacruz - Yanallpa	242
Florida Runa Macas - Allpacruz	245
Allpacruz - Florida-Runa Macas - Centro Parroquial - Macas	110
Macas - -La Mora - Alto Macas – Florida Runa Macas	237
La Mora - Pirancho	213
Garaushi	188
Garaushi - Machay - Potrero	168
Garaushi - Yungapamba	209
Jabaspamba	216
Jabaspamba - El Tejar	264
Jabaspamba - El Tejar - Pirancho	137
Caspicorral - Pirancho	278
Caspicorral - Guayrapungo	341
Pillachiquir Rodeo - Caspicorral	269
Pillachiquir Rodeo	325
Pillachiquir Rodeo - Guayrapungo	3
San Vicente - La Conferencia	232

Fuente: (INEC,2010, como se citó en GADPQ, 2019)

3.6.2. Actividad económica

La parroquia Quingeo según el censo del 2010 tiene una población de 7450 personas divididos en 3421 hombres y 4029 mujeres, con una población empleada de 2601, 1543 hombres y 1058 mujeres este grupo representa la población económicamente activa (PEA) con un porcentaje de 71.90 del total, la mayor área que compone la zona en estudio es de carácter rural, los sectores económicos destacan en el aporte a la economía provincial y nacional (GADPQ, 2019).

La actividad primaria de la parroquia se encuentra en la agricultura y la ganadería esto representa la mayor fuente de trabajo de la población y a la vez representa el 42.1% de la PEA, el 26.42 % corresponde al sector secundario en donde se encuentra la industria manufacturera y la actividad constructiva, y finalmente el sector terciario que incluye el comercio y servicios representa el 31.48 % de la PEA (GADPQ, 2019).

El análisis presenta un cierto desacuerdo ya que las actividades primarias a pesar de tener un gran aporte a la PEA tiene muy bajos aportes al ingreso de la población empleada con solamente un 2.45% de participación en el Valor Agregado Bruto (VAB), en la actividad secundaria a diferencia si se reporta un 48.29% del VAB, y en el sector terciario es muy importante mencionar que con un aporte de 31.48% a la PEA, también experimenta los mayores aportes generando el 49.26% del VAB (GADPQ, 2019).

En la tabla 34, se realiza una descripción de las principales actividades productivas de la parroquia según su participación en la PEA.

Tabla 35: Principales actividades productivas parroquia Quingeo

Actividades	PEA ocupada hombres	%	PEA ocupada mujeres	%	Total	%
-Agricultura, ganadería, silvicultura y pesca	569	36,88%	525	49,62%	1094	42,0%
-Explotación de minas y canteras	1	0,06%	0	0,00%	1	0,04%
-Industrias manufactureras	139	9,01%	33	3,12%	172	6,61%
-Suministro de electricidad, gas, vapor y aire acondicionado	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
-Distribución de agua, alcantarillado y gestión de desechos	1	0,06%	0	0,00%	1	0,04%
-Construcción	504	32,66%	11	1,04%	515	19,80%

Actividades	PEA ocupada hombres	%	PEA ocupada mujeres	%	Total	%
-Comercio al por mayor y menor	114	7,39%	60	5,67%	174	6,69%
-Transporte y almacenamiento	41	2,66%	1	0,09%	42	1,61%
-Actividades de alojamiento y servicio de comidas	5	0,32%	19	1,80%	24	0,92%
-Información y comunicación	2	0,13%	0	0,00%	2	0,08%
-Actividades financieras y de seguros	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
-Actividades inmobiliarias	0	0,00%	0	0,00%	0	0,00%
-Actividades profesionales, científicas y técnicas	2	0,13%	3	0,28%	5	0,19%
-Actividades de servicios administrativos y de apoyo	22	1,43%	3	0,28%	25	0,96%
-Administración pública y defensa	9	0,58%	10	0,95%	19	0,73%
-Enseñanza	7	0,45%	11	1,04%	18	0,69%
-Actividades de la atención de la salud humana	0	0,00%	12	1,13%	12	0,46%
-Artes, entretenimiento y recreación	1	0,06%	1	0,09%	2	0,08%
-Otras actividades de servicios	16	1,04%	13	1,23%	29	1,11%
-Actividades de los hogares como empleadores	19	1,23%	218	20,60%	237	9,11%
-Actividades de organizaciones y órganos extraterritoriales	2	0,13%	0	0,00%	2	0,08%
-No Declarado	51	3,31%	122	11,53%	173	6,65%
-Trabajador nuevo	38	2,46%	16	1,51%	54	2,08%
Total	1543	100%	1058	100%	2601	100%

Fuente: (INEC,2010, como se citó en GADPQ, 2019)

Finalmente, se muestra en la tabla a continuación una descripción de los sectores económicos del territorio según su aporte al Valor Agregado Bruto.

Tabla 36: Valor Agregado Bruto parroquial

Valor Agregado Bruto Parroquial (Dólares)		
	VAB Dólares	% De Participación
VAB Primario	70,93	2,45
VAB Secundario	1393,02	48,29
VAB Terciario	1421,31	49,26
Total	2885,26	100

Fuente: (GADPQ, 2019)

3.6.3. Áreas protegidas

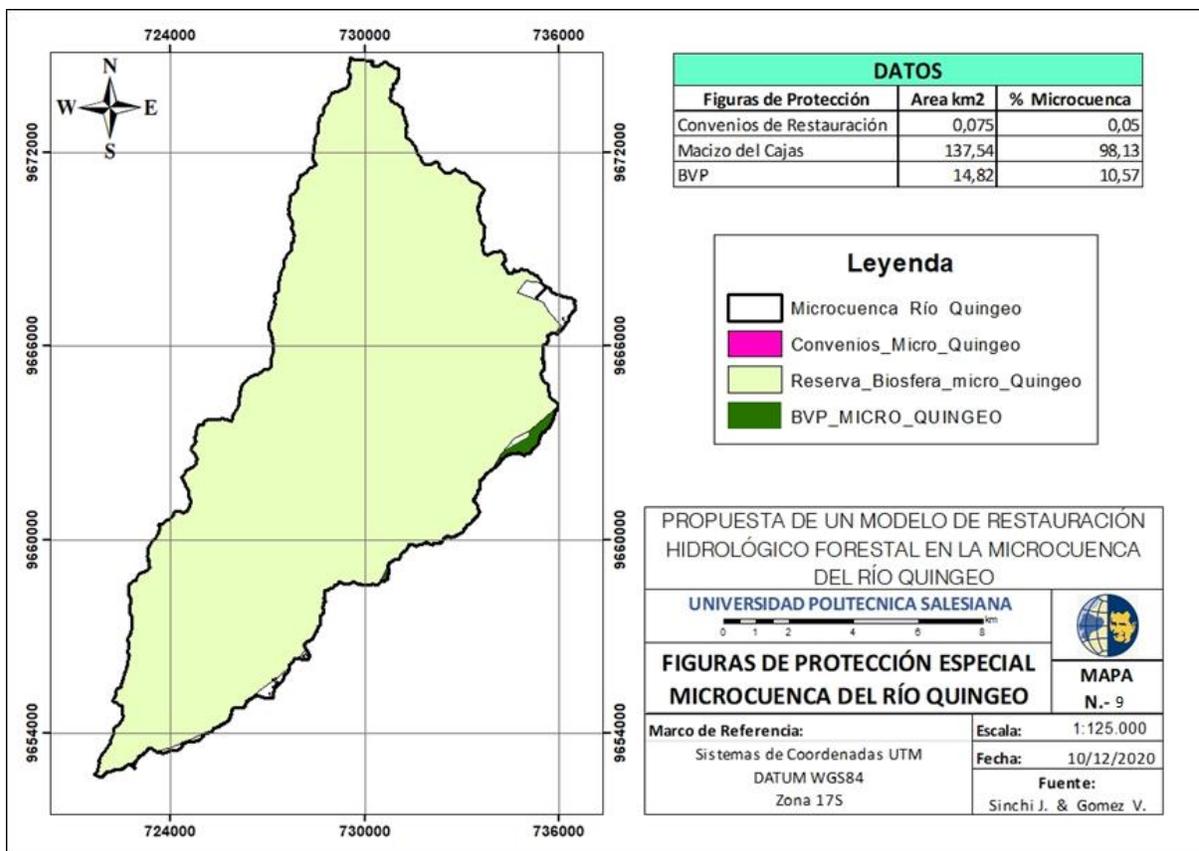
Dentro de la microcuenca existen 0,075 km², que están dentro de convenios de restauración, dichos convenios son llevados a cabo por el MAE y ejecutados por los GADs de San Bartolomé y San José de Raranga.

Por otra parte, casi la totalidad de la superficie pertenece a la Reserva de la Biosfera del Macizo del Cajas desde año 2013, en una extensión de 137.54 km². Además, se hallan bosques de vegetación protectora como el bosque Totorillas con 0.140 km², el bosque Guarango con 12,274 km², y el bosque Yunga con 2,408 km². En la siguiente tabla se resumen las figuras de protección especial y se visualizan en el mapa 9.

Tabla 37: *Figuras de Protección Especial*

Figuras de Protección	Área km²	% Microcuenca
Convenios de Restauración	0,075	0,05
Macizo del Cajas	137,54	98,13
BVP	14,82	10,57

Fuente: Autoras



Mapa 9: Figuras de protección especial-microcuenca del río Quingeo

Fuente: (MAE, 2019) Elaboración: Autoras

CAPITULO IV

4. METODOLOGÍA

4.1. Metodología

4.1.1. Caracterización morfométrica

La caracterización morfométrica de la cuenca puede ser explicada a partir de ciertos parámetros físicos, lo cuales se obtienen mediante el procesamiento de la información cartográfica (Meza, 2016). Para el respectivo análisis de la zona en estudio, los parámetros morfométricos se determinaron mediante el manejo del software ArcGIS y fórmulas matemáticas empleadas en hojas de cálculos (Excel). En este caso, estos parámetros se agruparon en cuatro segmentos, como los parámetros generales que son variables importantes para la estimación posterior de otros más, como son los parámetros de forma que generan información física espacial, parámetros de relieve que permiten conocer la topografía de la zona en estudio, y los parámetros de la red hídrica que permite analizar el comportamiento hidrológico que se da dentro de la microcuenca.

Parámetros Generales

Con el fin de realizar un análisis más a fondo, se analizó la morfología de la microcuenca del río Quingeo, donde en primera instancia, fue necesario calcular algunos parámetros generales como: el área de la cuenca, el perímetro, la longitud del cauce principal, el ancho de la cuenca, entre otros.

Para el cálculo del área y el perímetro de la microcuenca se aplicó el manejo del software ArcGIS, donde a partir de la delimitación de la zona en estudio (capa delimitada), en la tabla de atributos se obtuvo los valores para el área y perímetro de la microcuenca, en km^2 y km (respectivamente). Para establecer la longitud del cauce principal, se identificó el cauce mayor y mediante la tabla de atributos se obtuvo la longitud total del cauce. El ancho de la microcuenca se definió mediante la Ec. 1, que relaciona la longitud de la cuenca con el área de la misma, obtenida en km .

Parámetros de Forma

La forma de una cuenca se define por medio de los parámetros de forma, para la zona en estudio se calcularon los siguientes: el índice o coeficiente de Compacidad o Gravelius (K_c), en el que se aplicó la Ec.2 utilizando como variables el área y el perímetro de la microcuenca del río Quingeo; de igual manera se estimó el factor de forma propuesto por Horton (R_f), mediante la Ec.3; y

finalmente se obtuvo la relación de elongación (Re) de acuerdo a la expresión matemática correspondiente a la Ec.4.

Parámetros de Relieve

Para calcular los parámetros del relieve, la pendiente media de la cuenca (J) se obtuvo con el método de Alvord (Ec.5), en el que se utilizó curvas de nivel a una equidistancia de 50 metros delimitadas dentro de la microcuenca, donde con la ayuda del software ArcGis se calculó la suma total de estas curvas de nivel, que se relacionan con la superficie de la misma; la pendiente media del cauce principal (S), se determinó en función de las longitudes de los tramos del cauce principal y sus respectivas pendientes, mediante la aplicación de la Ec.6. La altura media (Am), se estableció en el software ArcGis con el modelo de elevación digital (MDE) de la microcuenca en estudio, y con los datos obtenidos del área, se estimó el coeficiente de masividad (Km), mediante la Ec.7. Así también con los datos calculados de la altura media y el área de la zona, se determinó el coeficiente orográfico (CO) con la Ec.8.

Además, se representa gráficamente las alturas del terreno en función de la superficie correspondiente (curva hipsométrica), la cual fue obtenida con curvas de nivel a una equidistancia de 100 msnm y el área expresada en porcentaje (se visualiza los valores del área en base a la altura en la tabla 37). Utilizando la misma información obtenida para la curva hipsométrica, se generó un gráfico de histograma de frecuencias altimétricas.

Tabla 38: *Valores del área en base a la altura.*

Cotas	Área (Km2)	Área (%)	Área Acumulada (%)
2600	0,95	0,68	0,68
2650	3,52	2,51	3,19
2700	8,22	5,87	9,06
2750	9,25	6,60	15,65
2800	11,43	8,15	23,81
2850	16,00	11,42	35,22
2900	18,74	13,37	48,59
2950	18,52	13,21	61,80
3000	16,95	12,10	73,90
3050	15,88	11,33	85,23
3100	9,85	7,03	92,26

Cotas	Área (Km2)	Área (%)	Área Acumulada (%)
3150	6,28	4,48	96,73
3200	3,51	2,50	99,24
3250	1,07	0,76	100,00
SUMA:	140,17	100,00	

Fuente: Autoras

Para tener un mejor conocimiento a la topografía del terreno se elaboró un mapa de pendientes, este mapa se realizó a partir de un modelo digital del terreno (MDT) de la microcuenca, y mediante la herramienta “Slope” de la extensión Spatial Analyst del software ArcGIS, se obtuvo el mapa, donde se observa los diferentes rangos de pendientes clasificados en porcentaje para la zona en estudio.

Parámetros de la red de drenaje

Se calcularon algunos parámetros relativos a la red de drenaje (Dd), para la densidad de drenaje se utilizó la Ec.9, la misma que dependía de la longitud total de la red hídrica, que se determinó a través de la tabla de atributos del software ArcGis, dada en km. Con el soporte de ArcGis, también se calculó el número de corrientes o cauces que presenta la red hídrica de la microcuenca del río Quingeo, variable útil para obtener la frecuencia de drenaje (F), por medio de la Ec.10. La superficie o canal de alimentación (C), se determinó con la Ec.11.

Para clasificar la red de drenaje y obtener el número de orden de las corrientes de la zona en estudio, se utilizó la herramienta “Stream Order” del software ArcGis, el mismo que emplea el método propuesto por Horton-Strahler (Ver figura 6). Una vez obtenidos los órdenes de la red hídrica se aplicó la Ec.12, para saber el coeficiente de Torrencialidad (Ct). Para conocer la red de drenaje que presenta la microcuenca, se estableció el número total de nodos, los mismos que permiten calcular el factor de Irrigación (Fi) y la Densidad de Irrigación (Di) con las ecuaciones 14 y 15, respectivamente.

El grafico del perfil longitudinal del cauce principal de la microcuenca de Quingeo, se obtuvo de una forma semiautomática mediante la herramienta “Profile Graph”, utilizando la capa del cauce principal. Finalmente, para el cálculo del tiempo de concentración (Tc), se tomó en consideración la fórmula empírica propuesta por Témez (Ec.16).

4.1.2. Pérdidas de suelo mediante la ecuación USLE

Las pérdidas de suelo fueron estimadas mediante el modelo de caja propuesto por (Wischmeier & Smith, 1978) se conoce como el modelo USLE, es un modelo simple que viene dado en función de la erosividad de la lluvia, la erosionabilidad del suelo, el factor topográfico, la protección del suelo y el factor de prácticas de conservación, que se calcula con la Ec. 25. La determinación de cada componente se realizó de la siguiente manera:

Factor R

Analizadas las metodologías tradicional y modificada, se optó por calcular el factor R por el método del Índice Modificado de Fournier para el área de estudio. Los datos de precipitaciones mensuales fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas de Gualaceo Cumbe y Ricaurte, que son las más cercanas a la microcuenca, que en el apartado de la caracterización climática se obtuvo los valores para un año promedio, y dichos datos fueron utilizados en esta sección.

Índice Modificado de Fournier IMF

Se calculó el factor R de acuerdo a la metodología alternativa del IMF, analizando las precipitaciones mensuales y anuales de las estaciones meteorológicas ya mencionadas. Se utilizó la Ec. 24 y el programa informático Excel.

Una vez depurados los datos y obtenidos los valores del factor R para cada estación, estos se introdujeron en el programa ArcGIS, en donde fueron transformados a formato shapefile para hacer una interpolación (en este caso de tipo Kriging), esto con el objetivo de obtener los valores del factor R que están dentro del área de interés.

Factor K

Dada la existencia de información cartográfica geo pedológica del Ecuador, se decidió realizar el cálculo del factor de erodabilidad, empleando el método de Kirkby y Morgan, antes mencionado, el mismo analiza porcentajes de MO en función de las clases de textura, dichos parámetros se evaluaron en la información cartográfica mencionada. Para realizar la asignación del valor de K para cada tipo de suelo se utilizó los valores que se muestran en el Anexo 2, literal A.

Factor LS

Para la obtención del mapa de erosión del suelo, se sistematizó el proceso y los cálculos fueron realizados de manera automática, utilizando como insumo principal un MDE, al igual que la información de pendientes.

El factor LS, asocia dos parámetros la longitud de la pendiente (L) y el grado de inclinación (S), por tanto, el cálculo de la longitud se realizó aplicando la Ec. 26, que consiste en la división en segmentos.

La obtención de todas las variables presentes en la Ec. 26, se realizó mediante la herramienta Raster Calculator de ArcGIS. De igual manera para obtener el factor S, se empleó las condicionantes propuestas por McCool et al., (1987) (Ver la tabla 14). La forma de digitalización para la obtención de las variables se encuentra en el Anexo 2, literal E.

Finalmente se multiplico el factor L y el factor S para la obtención del ráster LS, que fue necesario en la aplicación de la ecuación USLE.

Factor C

Para calcular el factor C, se tomó como base la cartográfica de los SIG aplicado al Manejo Integral de Cuencas a escala 1:125000, la cartografía corresponde a las clases de vegetación.

Se procedió a identificar el factor de cobertura vegetal con base en las tablas propuestas por Wischmeier & Smith (1978) y la GBIF (1996), (ver tablas 15, 16 y 17) y el (Anexo 2, Literal B)

Con la identificación de los valores de C para cada tipo de cobertura vegetal, se completó la información necesaria en el software.

Factor P

Finalmente, para determinar el factor P correspondiente a las prácticas de conservación, se tomaron en cuenta los valores propuestos por Jung valores que relacionan al factor C (Ver tabla 18).

Erosión Actual

Identificados los parámetros de la ecuación USLE se determinó la erosión actual, así también se realizó un análisis estadístico que permitió clasificar los grados de erosión acorde a lo propuesto por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2009). (Ver tabla 19).

Degradación específica

Para obtener la degradación específica aproximada en la microcuenca se aplicó el factor climático de Fournier mediante el segundo ajuste (Ec. 24), ya que el factor orográfico calculado anteriormente corresponde a 6.0, el insumo principal fue el valor del Índice Modificado de Fournier que en nuestro caso es 73.59 mm.

4.1.3. Ordenación de la microcuenca

Para la ordenación de la microcuenca en estudio, se aplicó la metodología basada en criterios de sostenibilidad, mediante el procedimiento desarrollado por Tejera & García (2006), el mismo que se muestra a continuación de forma resumida en ocho etapas:

Etapa 1: estudio de la problemática de la microcuenca. Se realizó un diagnóstico sobre clima, geología, vegetación y morfología.

Etapa 2: establecer los objetivos: de carácter hidrológico forestal, de sostenibilidad y socioeconómicos.

Etapa 3: determinar diferentes actividades para lograr los objetivos. Las actividades podrán ser de dos tipos: aquellas que ya se realizaban en la zona y que deben ser solo reubicadas, o actividades que puedan desarrollarse en un futuro.

Etapa 4: definir y caracterizar la zona de estudio. Se realizó un análisis de la microcuenca mediante la cartografía temática, donde se seleccionaron los elementos o caracteres más significativos del medio, y que puedan influir en la capacidad de este para acoger las actividades propuestas o en el grado de conveniencia de la realización de las mismas sobre el territorio.

Etapa 5: estudio de la capacidad de acogida de las actividades. Teniendo en cuenta la cantidad de elementos y procesos que definen el medio físico, sólo se tiene en consideración aquellos que son verdaderamente claves ante la actividad; es decir, aquellos que presentan cualidades positivas o negativas o excluyentes para el desarrollo de la misma. La capacidad de acogida para cada actividad, se ha cuantificado para cada tipo o clase de cada elemento, de acuerdo a la siguiente escala cuantitativa: P^i_{jh} (valor asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i):

Tabla 39: Criterios para la capacidad de acogida de las actividades.

Criterio	Valor
Excluyente	- ∞
Negativo	- 1
Indiferente	0
Positivo	+ 1
Muy Positivo	+ 2

Fuente: (Tejera & García, 2006)

Etapa 6: estudio del grado de conveniencia del medio para la realización de dichas actividades: matriz del grado de conveniencia. El beneficio que cada actividad aporte al territorio, en función de los distintos tipos en que se dividen los elementos, se ha cuantificado según los siguientes valores: R^i_{jh} (valor del grado de conveniencia asignado al tipo h del elemento j ante la actividad i):

Tabla 40: Criterios para el grado de conveniencia

Criterio	Valor
Actividad muy conveniente	2
Actividad conveniente	1
Actividad indiferente	0
Actividad poco conveniente	-1
Actividad muy poco conveniente	-2
Actividad no conveniente	$-\infty$
El elemento “j” no influye en el desarrollo sobre el territorio de la actividad “i” o no existe capacidad para la actividad por lo que no se evalúa el grado de conveniencia.	-

Fuente: (Tejera & García, 2006)

Etapa 7: adecuación de actividades: capacidad por conveniencia. Una vez que se tiene la capacidad y el grado de conveniencia para cada actividad, se engloban ambos conceptos en uno solo, haciendo referencia a la aceptación de la actividad (adecuación), el mismo que está representado por la siguiente tabla:

Tabla 41: Grado de adecuación para las actividades

Capacidad	Grado de Conveniencia			
	Muy Conveniente	Conveniente	Poco Conveniente	No conveniente
Alta	Muy adecuado	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado
Media	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado
Baja	Medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado
Nula	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado

Fuente: (Tejera & García, 2006)

Sin embargo, para facilitar los resultados y hacerlos manejables, se ha reducido a tres el número de clases:

Tabla 42. *Clases de adecuación*

Clase	Adecuación
N.A	No adecuado
MEDIA	Poco adecuado
	Medianamente adecuado
ALTA	Bastante adecuado
	Muy adecuado

Fuente: (Tejera & García, 2006)

Etapas 8: propuesta de actividades para optimizar los objetivos. En esta fase se tiene la adecuación de cada una de las actividades para cada unidad territorial homogénea. El siguiente paso consiste en superponer los mapas de adecuación, con la idea de localizar todas las actividades que puedan coexistir a la vez en el terreno. Para ello es necesario analizar la compatibilidad o incompatibilidad de actividades, enfrentándolas en una matriz dos a dos, y analizando la posibilidad de coexistir o no, geográficamente. De esta manera las actividades que sean compatibles en el medio se podrán promover a la vez, y las incompatibles deberán separarse en el territorio.

CAPÍTULO V

5. Resultados y discusión

5.1. Morfometría de la microcuenca

5.1.1. Parámetros generales

La microcuenca del río Quingeo, tiene una superficie de 140,17 km², con un perímetro de 68,49 km y una longitud de 23,61 km. El ancho obtenido de la microcuenca es de 5,94 km, donde relacionando la longitud y el ancho de la microcuenca se puede deducir que la microcuenca representa una forma alargada.

El cauce principal de la microcuenca presenta una longitud de 27,98 km, y en cuanto a las alturas que presenta el terreno, la microcuenca tiene una altura máxima de 3260 msnm y una altura mínima de 2565 msnm, dando un desnivel altitudinal de 695 msnm. En la Tabla 42, se muestra un resumen de los parámetros generales calculados para la zona de estudio.

Tabla 43: *Parámetros generales*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Área	140,17	km ²
Perímetro	68,49	km
Longitud del cauce principal	27,98	km
Longitud de la cuenca	23,61	km
Ancho de la cuenca	5,94	km
Altura máxima	3260	msnm
Altura mínima	2565	msnm
Desnivel altitudinal (DA)	695	msnm
Altura media de la cuenca	2917	msnm
Longitud total de la red hídrica	106,06	km

Fuente: Autoras

5.1.2. Parámetros de forma

El índice o coeficiente de compacidad obtenido para la microcuenca de Quingeo, es de 1,63, que de acuerdo a la tabla 1 se califica como “oval alargada a alargada”. El factor de forma de Horton es de 0,25, indicando que su forma es “alargada” (Ver Tabla 2). La razón de elongación resultante es de 0,48, clasificando a la microcuenca con una forma “alargada”, ya que el valor resultante es inferior a 1.

Tabla 44: *Parámetros de forma*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Coeficiente de Gravelius	1,63	adimensional	Oval alargada a alargada
Factor forma	0,25	adimensional	Alargada
Razón de elongación	0,48	adimensional	Alargada

Fuente: Autoras

Los diferentes parámetros de forma encontrados, clasifican que la microcuenca del río Quingeo tiene una forma “alargada”, y como lo compara Garay & Gabriel (2018), al ser de forma alargada la cuenca esta menos sujeta a que exista inundaciones en una lluvia intensa sobre toda su superficie, a diferencia de una cuenca de forma redonda con el mismo tamaño. En base a este criterio y de acuerdo a Hernández (2015), la microcuenca del río Quingeo al tener una forma alargada, se puede decir que su sistema hídrico se comporta con una respuesta relativamente rápida ante eventos torrenciales.

5.1.3. Parámetros de relieve

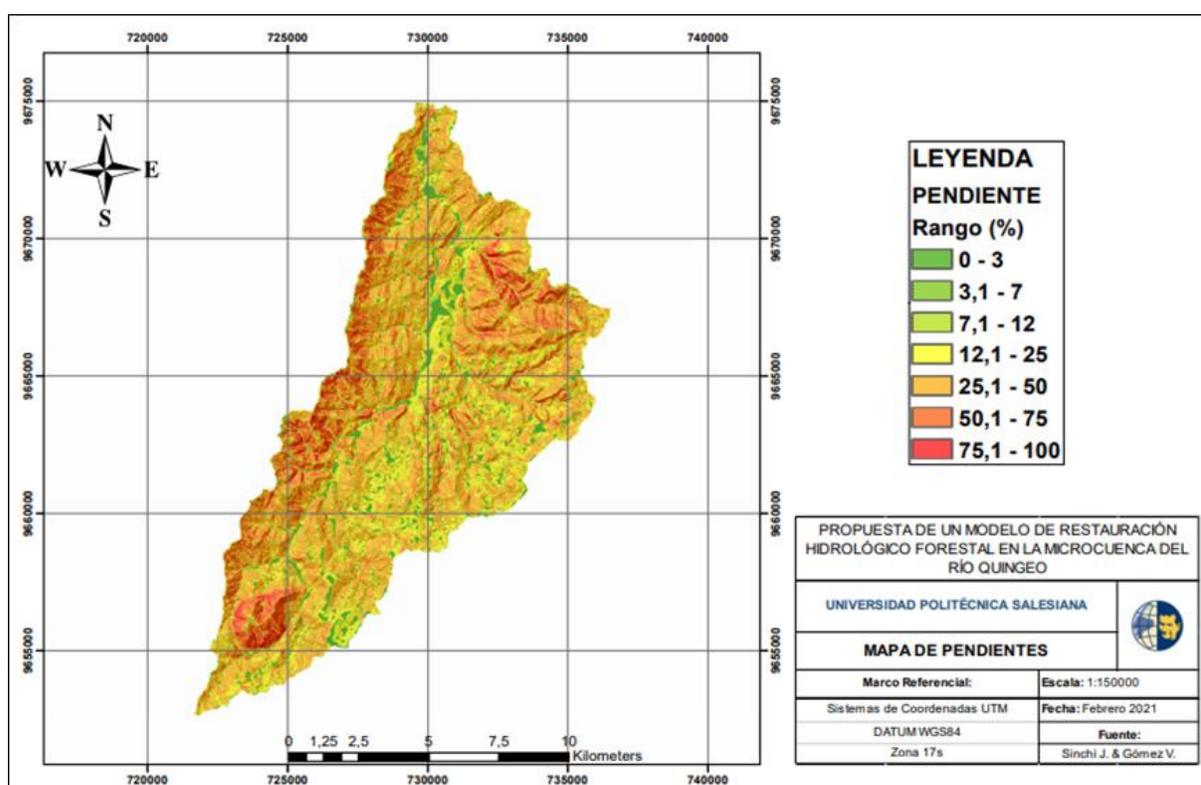
La pendiente media de la microcuenca es de 30,02 %, caracterizándose por tener una pendiente “Muy fuertemente accidentado” (Ver Tabla 3), que según Sanchez (2015), la microcuenca al presentar una pendiente fuertemente accidentado, tiene la tendencia de generar crecientes en los ríos en un tiempo relativamente corto. El cauce principal de la microcuenca tiene una pendiente de 1,38 %, encontrándose en un rango de pendiente “suave” (Ver Tabla 4). Para tener un conocimiento más preciso del relieve de la microcuenca se elaboró un mapa de pendientes (ver, mapa 10).

El coeficiente de masividad calculado es de 20,81 m/km², testificando que la microcuenca tiene un terreno muy montañoso, como se indica en la tabla 5, tomando valores de erosionabilidad altos, como lo menciona Hernández (2014). El coeficiente orográfico es de 6,07, que de acuerdo a Farfán (2010) la microcuenca se caracteriza por tener un relieve accidentado.

Tabla 45: *Parámetros de relieve*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD	CLASIFICACIÓN
Pendiente media de la cuenca	30,02	%	Muy fuertemente accidentada
Pendiente media del cauce	1,38	%	Suave
Coefficiente de masividad	20,81	m/ km ²	Montañosa
Coefficiente orográfico	6,07	adimensional	Accidentado

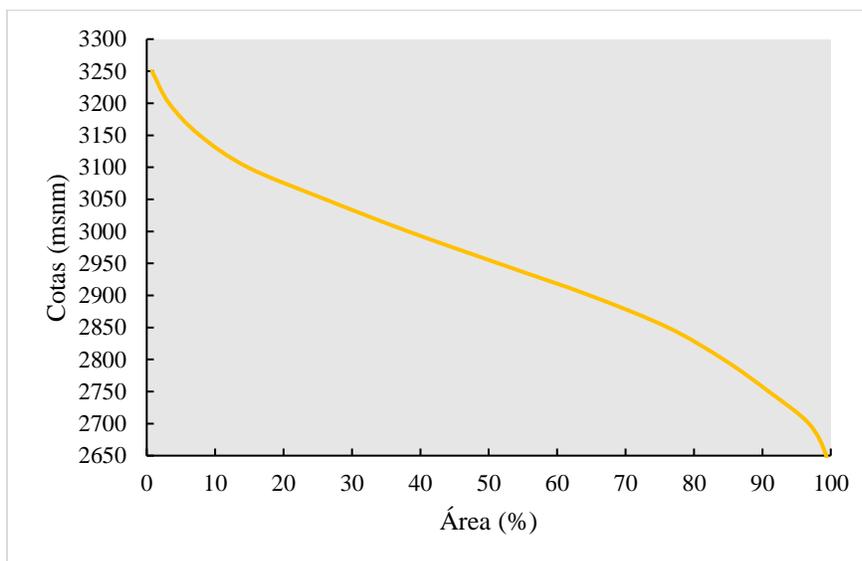
Fuente: Autoras

**Mapa 10:** Pendientes-microcuenca del río Quingeo

Fuente: Autoras

La curva hipsométrica generada para la microcuenca del río Quingeo, se presenta en la figura 10, que comparando con la figura 3, se puede estimar que la zona de estudio pertenece a un río maduro, donde predomina el transporte de sedimentos y de aguas, encontrándose en una etapa intermedia, entre la fase de equilibrio relativo o de madurez y la de desequilibrio o juventud, como lo estipula Anaya (2012).

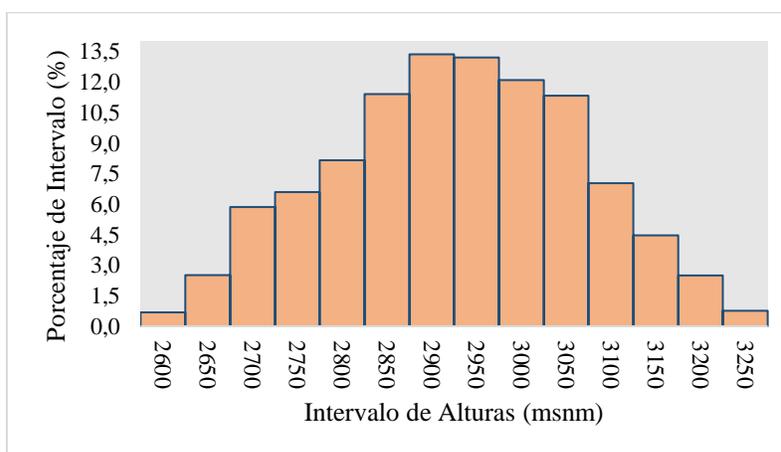
Figura 12: *Curva hipsométrica*



Fuente: Autoras

Así también, mediante los datos obtenidos para la curva hipsométrica se generó el histograma de frecuencias altimétricas (Ver Figura 11).

Figura 13: *Histograma de frecuencias altimétricas*



Fuente: Autoras

Con la curva hipsométrica y el histograma de frecuencias altimétricas, se puede señalar que desde la cabecera (3250 msnm) hasta los 3100 msnm se presenta una pendiente elevada, debido a la diferencia de alturas. Las altitudes representativas están desde los 3050 msnm hasta los 2850 msnm, que presentan un porcentaje mayor de alturas dentro de la microfrecuencia, indicando la existencia de áreas llanas. A partir de los 2800 msnm hasta la desembocadura (2600 msnm), se

muestra pendientes moderadamente fuertes, que pueden implicar un potencial erosivo que no debe despreciarse, tal como lo indica Viramontes et al. (2007).

5.1.4. Parámetros de la red de drenaje

La longitud total que tiene la red hídrica es de 106,06 km. La misma que está compuesta por un total aproximado de 85 segmentos (cauces), que determinan una red de drenaje de 0,757 km de río por km², siendo el grado de desarrollo “bajo” (Ver Tabla 6), como añade Cerignoni & Rodrigues (2015) los sistemas hidrográficos con un grado bajo presentan una escorrentía baja con una infiltración alta, aplicando este criterio para la zona en estudio, por lo que presenta valores bajos. El canal de alimentación para la microcuenca es 1,32 km²/km, con un coeficiente de Torrencialidad de 0,37. En la Tabla 45, se presenta algunos parámetros de relieve calculados para la zona en estudio.

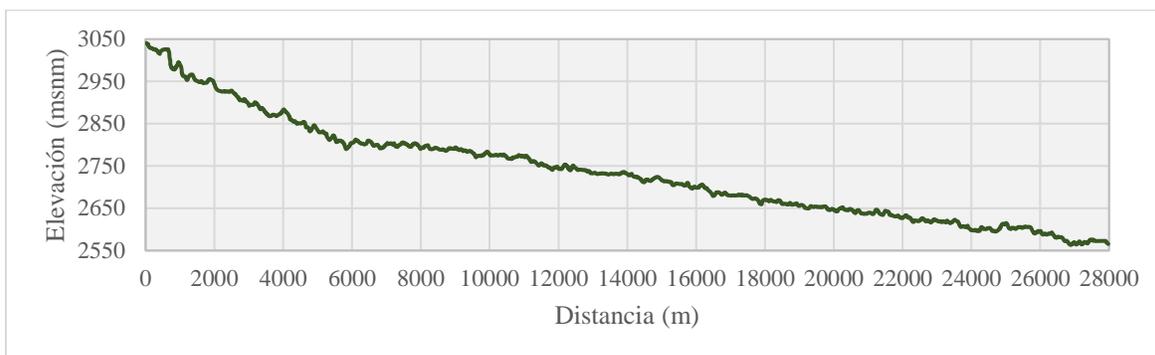
Tabla 46: *Parámetros de la red de drenaje*

PARÁMETRO	VALOR	UNIDAD
Frecuencia de drenaje	0,606	u/km ²
Densidad de drenaje	0,757	km/km ²
Superficie de alimentación	1,322	km ² /km
Coficiente de Torrencialidad	0,307	adimensional
Alejamiento medio	2,363	adimensional
Factor de irrigación	0,012	adimensional
Densidad de irrigación	0,606	adimensional

Fuente: Autoras

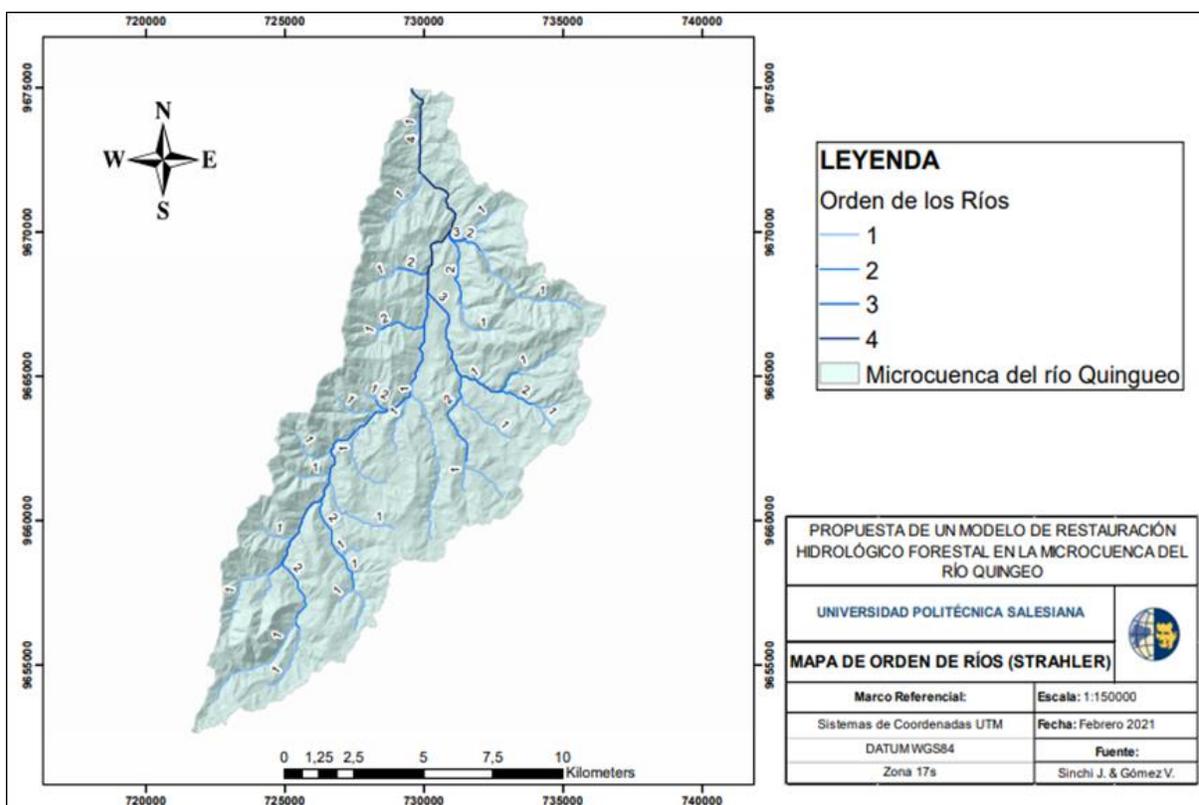
El gráfico del perfil longitudinal del cauce principal se observa en la figura 12. Según lo expresa Castillo & Lugo (2011), cuando existen desniveles en la topografía de un perfil longitudinal (*knickpoint*), existe una ruptura en el escalamiento de las pendientes del lecho. De acuerdo a este contexto, y el análisis de la figura 12, se puede manifestar que en el recorrido del cauce principal de la microcuenca del río de Quingeo se presenta un desequilibrio en el lecho, lo que da lugar a una erosión diferencial en el relieve de la misma.

Figura 14: Perfil longitudinal del cauce principal



Fuente: Autoras

Siguiendo los criterios del método Horton-Strahler, se establece que esta microcuenca es de orden 4, que implica un grado de bifurcación “alto” (Ver mapa 11), y según lo expresa Rizo et al., (2011), una cuenca con mayor grado de corriente presenta su estructura más definida y mayor es la red hídrica. En base a este contexto se puede decir que la red hídrica de la microcuenca tiene una estructura definida, permitiendo de esta manera el control estructural del relieve.



Mapa 11: Orden de ríos método Horton-Strahler

Fuente: Autoras

En cuanto al tiempo de concentración, se estimó con el método propuesto por Temez, el resultado fue de 8.51 horas, que de acuerdo a la Tabla 7 (Rangos de Tiempo de concentración), se considera al tiempo de concentración de la microcuenca como “lento”.

5.2.Tasa de erosión mediante la ecuación USLE

Factor R

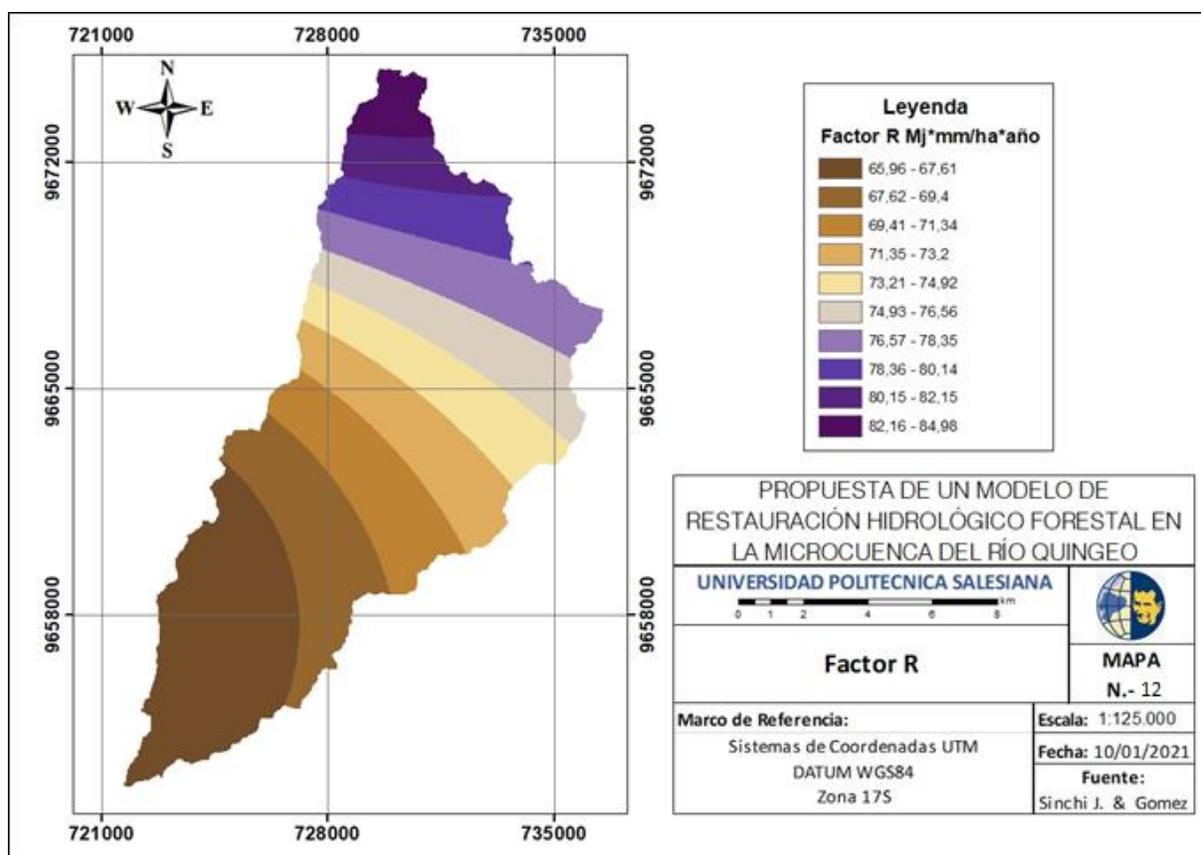
Con los valores de R establecidos para cada estación (Ver Tabla 46), se obtuvo los valores de R que comprenden el área de interés, el resultado de este procedimiento se muestra en el mapa 12.

Tabla 47: Índice Modificado de Fournier para cada estación (Factor R)

Estación	x	y	IMF Factor R
MO 139 Gualaceo	747183,6	9681214,6	76,9
MO418 Cumbe	720854,5	9659051,1	65,8
MO426 Ricaurte	728036,4	9684691,5	92,9

Fuente: Autoras

Como se puede observar en el mapa 12, los valores para el factor R varían a lo largo de la microcuenca, el valor mínimo para este factor es 65.96 $Mj*mm/ha*año$, hallándose estos valores mínimos en la parte alta y los valores máximos como 84.98 $Mj*mm/ha*año$ en la parte baja, esto debido a las prácticas actuales de cultivo.



Mapa 12: Factor R

Fuente: Autoras

Factor K

Se asignó un valor del factor K para cada tipo de suelo, estos valores se muestran en la siguiente tabla:

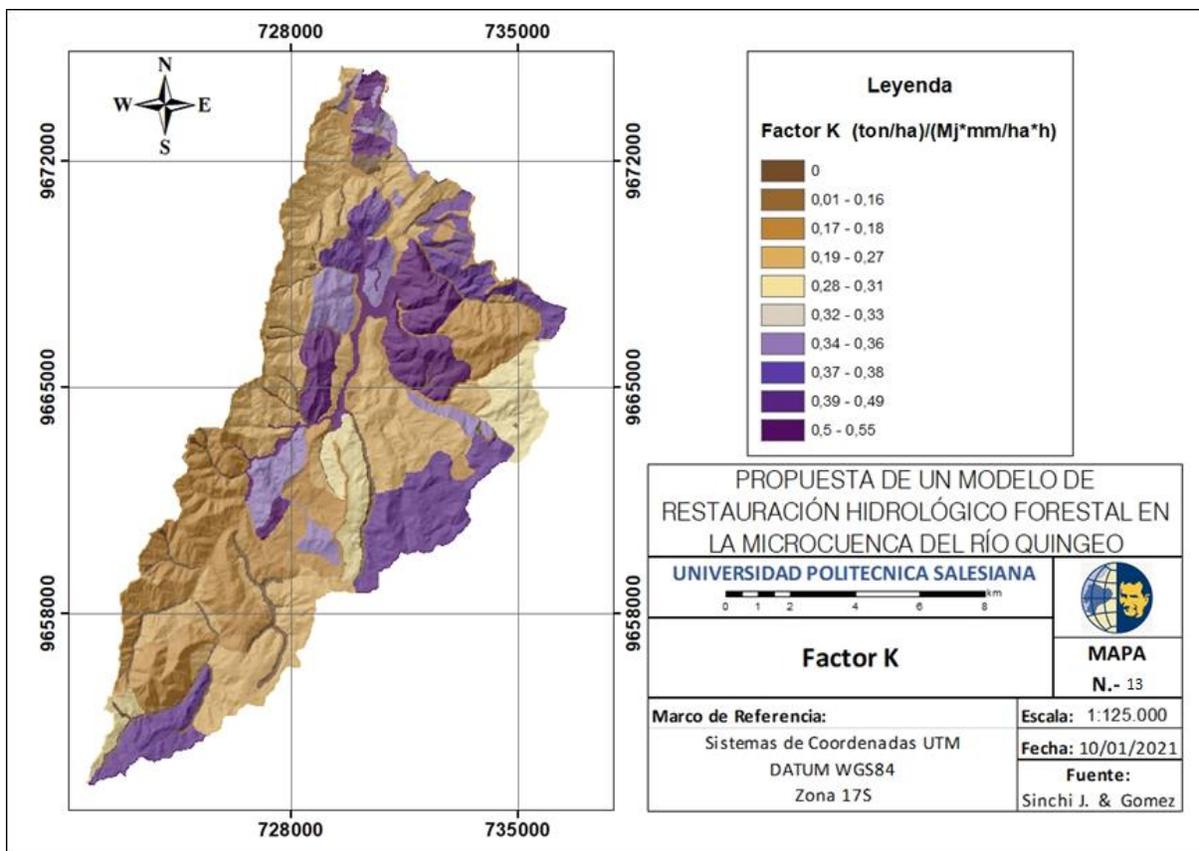
Tabla 48: Factor K para los tipos de suelos superficiales en función del porcentaje de MO y textura

SUELO	Textura	Mo	Factor K
ALFISOLES	Arcilloso	bajo	0,18
		alto	0,16
	Franco Arcilloso	medio	0,33
		alto	0,27
ANDISOLES	Franco Limoso	alto	0,43
ENTISOLES	Arcilla pesada	bajo	0,55
	Franco Arcilloso	bajo	0,36
	Franco	bajo	0,49
	Franco Arcillo Arenoso	bajo	0,35
	Arcilloso	bajo	0,18
Inceptisoles	Arcilloso	alto	0,16

SUELO	Textura	Mo	Factor K
	Franco Arcilloso	alto	0,27
	Arcilloso	bajo	0,18
	Franco	alto	0,38
	Arcilla pesada	bajo	0,55
	Arcilloso	medio	0,17
	Franco arcilloso	medio	0,33
	Franco arcillo arenoso	bajo	0,5
	Franco arcilloso	bajo	0,36
	Franco arcilloso	medio	0,33
Mollisoles	Arcilloso	medio	0,17
	Franco arcillo arenoso	medio	0,33
	Franco arenoso	medio	0,31
	Arcilloso	bajo	0,18
	Franco arcillo arenoso	bajo	0,35
	Franco arcilloso	bajo	0,36
	Franco	bajo	0,49
	Franco	alto	0,38
No aplicable			0
Tierras Misc.			0
Ultisoles	Franco arcilloso	alto	0,27
Vertisoles	Arcilloso	medio	0,17
	Arcilloso	bajo	0,18
	Franco arcilloso	bajo	0,36
	Arcilla pesada	bajo	0,55

Fuente: Autoras

En el mapa 13, se puede observar la existencia de zonas muy susceptibles a erodabilidad en la parte media de la cuenca, cuya zona presenta valores de 0,55 (ton/ha) /Mj*mm/a*h); los valores mínimos para el factor K están en el rango de 0,01 a 0,16 (ton/ha)/Mj*mm/a*h), mientras que los máximos desde 0,5 a 0,55 (ton/ha)/Mj*mm/a*h). Es importante mencionar estos valores para la correcta ordenación agro hidrológica.

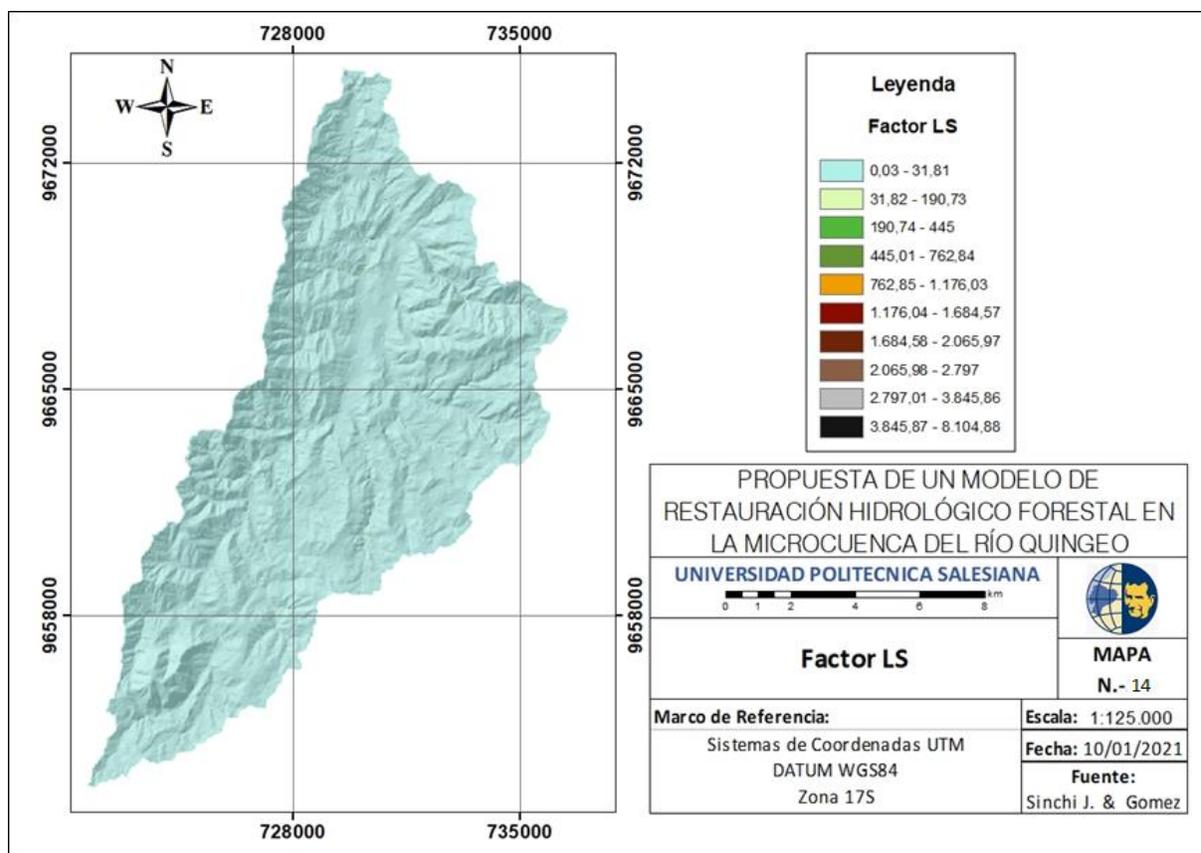


Mapa 13: Factor K

Fuente: Autoras

Factor (LS)

Los resultados para dicho factor se aprecian en el mapa 14, para el factor S se puede afirmar que el mayor grado de inclinación es de 16,3 y el menor de 0,03; esto implica que a mayor inclinación del factor S, habrá menor posibilidad de infiltración en consecuencia si tenemos una gran longitud el impacto en la escorrentía será mayor, el resultado de multiplicar estos dos factores demuestra que la mayoría de la superficie de la microcuenca se halla dentro de los rangos 0,03 y 31,81 en el factor topográfico.



Mapa 14: Factor LS

Fuente: Autoras

Factor C

Al analizar la vegetación existente se asignó un valor para el factor C, la cual se expone a continuación:

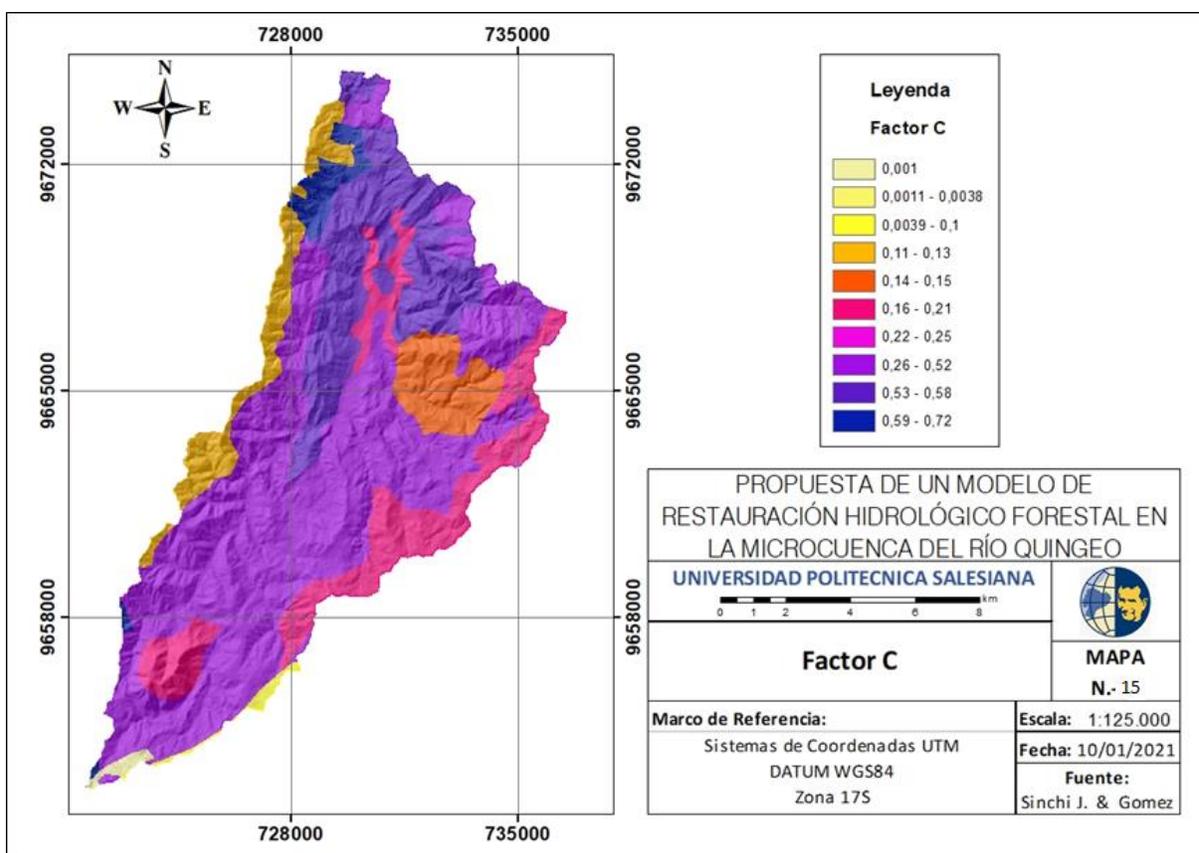
Tabla 49: Valores del Factor C para cada tipo de cobertura vegetal

Tipo de cobertura vegetal	Superficie km ²	Factor C
Bosque Natural	0,76	0.001
Bosque natural-pastos plantados	0,09	0.7
Bosque natural intervenido	8,72	0.10
Cultivos de ciclo corto	3,40	0.722
Cultivos de ciclo corto- pastos plantados	0,21	0.580
Cultivos Indiferenciados	0,03	0.210
Cultivos Indiferenciados-pastos plantados	0,85	0.005
Maíz	24,72	0.5175
Pastos naturales	7,67	0.13

Tipo de cobertura vegetal	Superficie km ²	Factor C
Pastos plantados	72,99	0.25
Vegetación arbustiva	20,74	0.153

Fuente: Autoras

Después de procesar la información se observa que los valores para el factor C están en rangos desde 0,001 hasta 0,72, teniendo valores elevados en la parte alta y valores mínimos en la línea divisoria de aguas.



Mapa 15: Factor C

Fuente: Autoras

Factor P

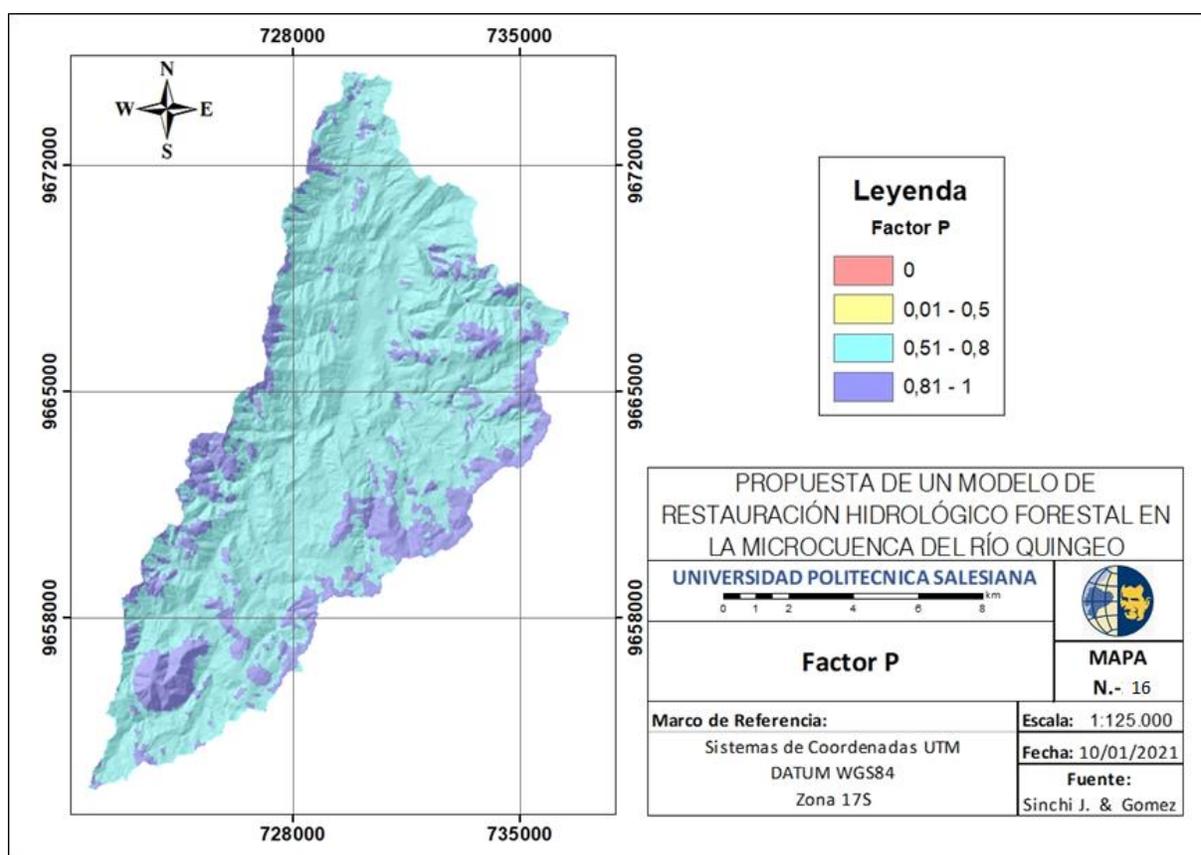
En función de la cobertura del suelo se asignó los valores del factor P expuestos en la tabla siguiente.

Tabla 50: *Asignación de los valores para el factor P en función de la cobertura del suelo*

Uso de suelo y cobertura vegetal	Factor P
Área sin cobertura vegetal	1
Bosque nativo	1
Infraestructura	1
Plantación Forestal	0.8
Tierra agropecuaria	0.5
Vegetación arbustiva y herbácea	1

Fuente: Autoras

Después de procesada la información el resultado se muestra en mapa 16, el mismo que demuestra que casi del 80 % de la superficie tiene aproximadamente valores entre 0,51 y 0,8, lo que significa que en la microcuenca según la cobertura del suelo no se realizan prácticas de conservación, por lo que es importante aplicar un modelo de restauración hidrológica.

**Mapa 16:** Factor P

Fuente: Autoras

5.2.1. Erosión actual

Se obtuvo una clasificación de los distintos rangos de erosión, presentando valores bajos y altos de pérdidas de suelos. (Ver mapa 17)

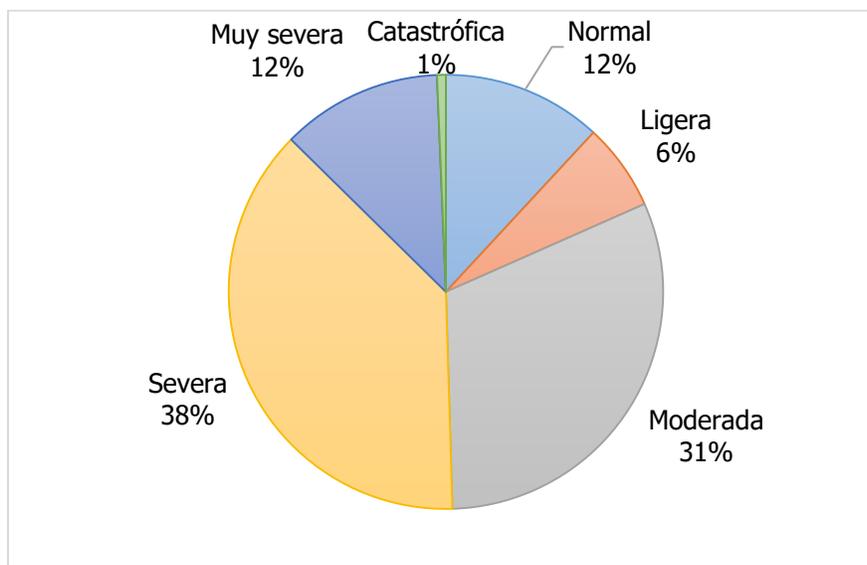
Para explicar con claridad los resultados obtenidos se realizó un análisis estadístico. (Ver tabla 50) y (figura 20).

Tabla 51: Análisis estadístico de la erosión actual

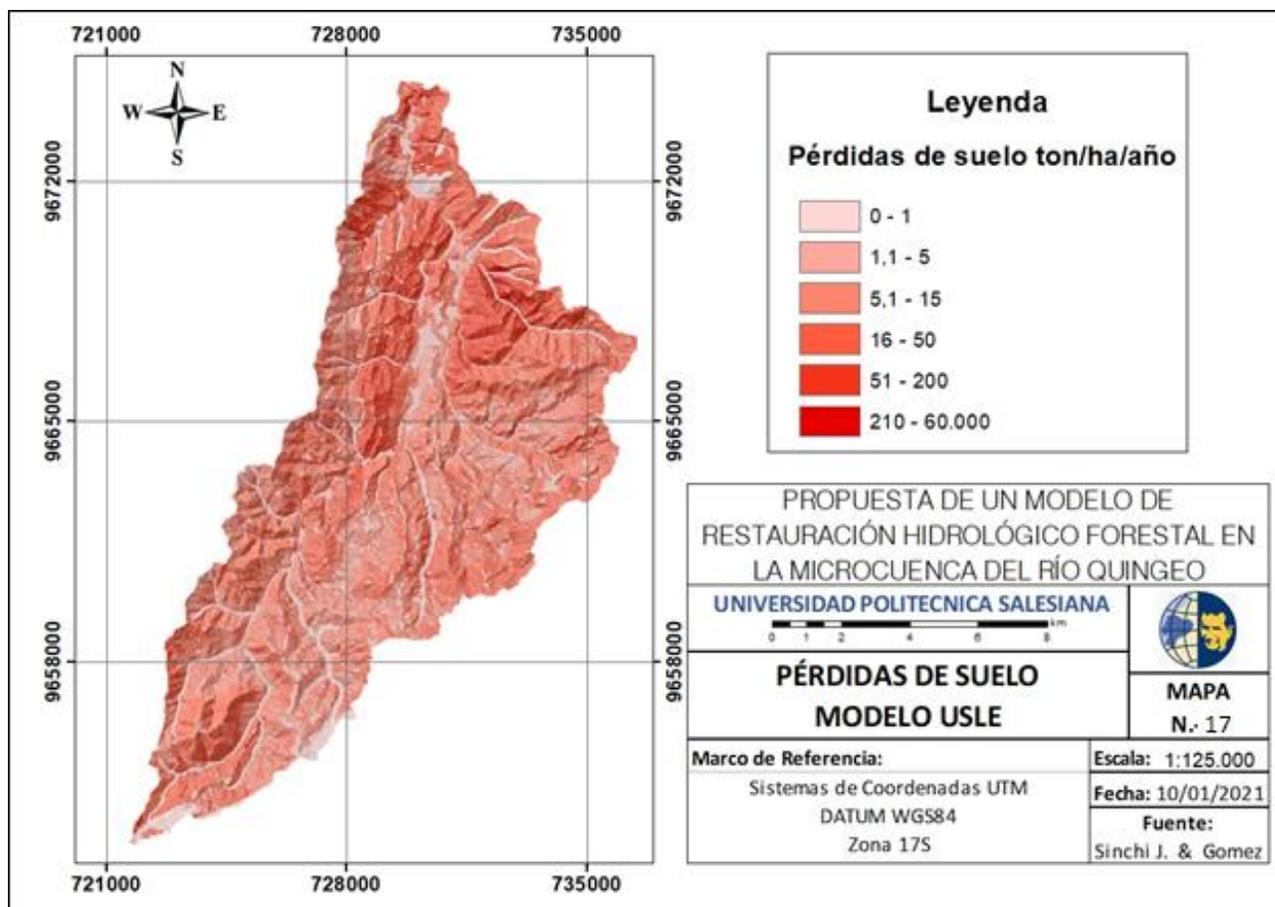
Nivel	Perdida de Suelo (Ton/Ha*año)	Tipo de erosión	Ha	Km2	%
1	<0,5	Normal	1663	16,63	11,88
2	0,5-5	Ligera	908	9,08	6,49
3	5-15	Moderada	4361	43,61	31,15
4	15-50	Severa	5299	52,99	37,85
5	50-200	Muy severa	1675	16,75	11,96
6	>200	Catastrófica	92	0,92	0,66
Total superficie km2			13998	139,98	100

Fuente: Autoras

Figura 15: Erosión actual



Fuente: Autoras



Mapa 17: Pérdidas de Suelo

Fuente: Autoras

5.2.2. Degradación específica

Con la aplicación del factor climático de Fournier se obtuvo el siguiente resultado:

$$Y = 27,12 X - 475,4$$

$$Y = 27,12 (73.59) - 475,4$$

$$Y = 1520,6 \frac{\text{ton}}{\text{km}^2} / \text{año}$$

5.3.Ordenación de la microcuenca

La ordenación de la microcuenca del río Quingeo, se estableció en base a criterios de sostenibilidad, es decir se toma en cuenta muchos elementos relevantes como: la aplicación es sobre un espacio físico definido territorialmente por la microcuenca vertiente, existiendo de recursos naturales tanto suelo y agua. Por tanto, esta metodología considera tanto factores de aptitud como de impacto, estimando la capacidad del medio para asumir determinadas actividades.

5.3.1. Estudio de la problemática

En esta etapa se describen los principales fenómenos que se dan en la microcuenca y que determinan el grado de deterioro de la misma. Por tanto, la microcuenca del río Quingeo según la caracterización y descripción previa presenta un estado de degradación que se da principalmente a las siguientes causas.

De acuerdo a las características de relieve de la microcuenca se ha determinado que por su topografía la hace susceptible a problemas de erosión, dado que el coeficiente de masividad presenta un valor de 20.31 m/km² lo que indica que es muy montañosa, así también dada las pendientes elevadas presenta relieves accidentados lo que significa que tiene un alto poder degradante.

Se evidencia el avance de las actividades agropecuarias que representan el 79.31% del uso de suelo provocando la transformación del ecosistema de la microcuenca generando altas tasas de erosión y procesos intensos de degradación de suelos.

Se presenta el incremento de caudal sólido en la zona norte de la microcuenca, debido a las altas precipitaciones entre los meses de octubre y abril en donde se genera mayor escorrentía, esto atribuido a las pendientes elevadas, la ausencia de vegetación arbórea y la predominancia de cultivos de ciclo y corto y maíz.

Con las altas precipitaciones se producen o generan excedentes en los meses de abril, mayo y junio; lo cual, al superar la capacidad máxima de la reserva de agua, se forma un flujo erosivo por el agua acumulada en áreas de pendiente mayor y escasa vegetación, lo cual es capaz de arrastrar gran cantidad de material suelto, provocando pérdida de suelo importantes.

El uso que se da a los suelos de la microcuenca es realizado bajo ninguna practica de conservación, esto atribuido a inexistencia de figuras de protección especial.

Los meses donde la lluvia sobrepasa la capacidad de infiltración, se genera gran cantidad de escorrentía superficial que logra alcanzar velocidades erosivas, esto provoca pérdida de cultivos debido al arrastre del suelo en las zonas donde existen pendientes elevadas.

5.3.2. Establecimiento de los objetivos y selección de las actividades

La ordenación de la microcuenca está encaminada al uso correcto de sus recursos naturales y por ende a la corrección de las situaciones de degradación identificadas y cuáles son los factores que potencian a la misma. Por eso el objetivo fundamental de carácter hidrológico forestal es: Reducir la erosión que se presencia en la microcuenca y conservar su medio físico (agua y suelo). También es importante recordar que la microcuenca tiene espacios de gran interés que deben ser conservados y una serie de hábitats, razón por la cual es necesario plantearse el objetivo de mantener y restaurar los ecosistemas y sus servicios en medida de lo posible, además de aumentar la biodiversidad de los ecosistemas.

Asimismo, planteamos como objetivo de carácter socioeconómico, el mejoramiento de la actividad agropecuaria que se da en la zona, debido a que de esto depende mucha población que en su gran mayoría habita en la zona rural de la microcuenca y se dedica a estas actividades primarias.

Como mencionamos anteriormente, la presente metodología, plantea actividades más allá del objetivo hidrológico forestal, toma en cuenta conjuntamente dos objetivos más que son fundamentales para el mejoramiento de la microcuenca. Para lograr estos objetivos, las actividades propuestas se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 51: *Objetivos de la ordenación y actividades propuestas.*

Objetivos	Actividades
De carácter hidrológico forestal	
Conservar su medio físico (suelo y agua)	Repoblación forestal protectora.
Lucha contra la erosión	Actuaciones en riveras
	Hidrotecnias de corrección de cauces.
	Implantación de prácticas mecánicas
	Cambio de uso del suelo.
Mantener y restaurar los ecosistemas, aumento de su biodiversidad	
Mantener y restaurar los ecosistemas,	Conservación de enclaves de interés
aumento de su biodiversidad	(cultivos, cobertura del suelo).
	Prácticas de conservación de suelos.
	Tratamientos culturales
De carácter socioeconómico	

Mantenimiento del uso agrícola

Fortalecimiento del sector agrícola

Fuente: Autoras

5.3.3. Selección de elementos que caracterizan a la microcuenca

La caracterización del medio físico de la zona en estudio mediante su inventario y análisis del medio a través de la cartografía temática, requiere la selección de una serie de elementos que ya fueron determinados en capítulos anteriores, mismos que influyen o tienen una relación con las actividades propuestas. Los elementos del medio seleccionados son los siguientes:

- Pendiente
- Influencia hídrica
- Uso del suelo
- Pérdidas de suelo
- Figuras de protección
- Relieve
- Tipo de clima

5.3.4. Estudio de la capacidad de acogida de las actividades:

La relación de elementos del medio con las actividades se expresa mediante la siguiente matriz de dimensión m por n, donde m corresponde a las actividades propuestas y n a los elementos del medio, con sus respectivas clases. Cada una de las celdas de la matriz representa el valor asignado conforme a los criterios recogidos en la escala precedente, que se indicaron en la tabla 38.

Tabla 52: *Matriz de capacidad de acogida*

Elementos	Clase	Actividades								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Replantaciones forestales protectora	Tratamientos culturales	Actuaciones en riveras	Cambio de uso de suelo	Conservación de enclaves de interés (cultivos, cobertura vegetal)	Prácticas de conservación de suelos	Hidro-otecnias de corrección de cauces	Mantenimiento del uso agrícola	Implantación de prácticas mecánicas
	0-12	0	1	0	0	0	0	0	1	0
	12-25	0	2	0	0	0	0	0	1	1

Pendiente	25-50	1	∞	1	1	0	0	1	∞	1
	> 50	2	∞	1	2	0	0	2	∞	1
Influencia hídrica	Si	0	1	2	0	0	0	2	0	0
	No	-1	0	∞	0	0	0	0	0	0
Uso de suelo	Tierra Agropecuaria	1	1	∞	2	1	2	∞	2	2
	Bosque Nativo	2	2	∞	0	2	1	∞	∞	-1
	Vegetación arbustiva y herbácea	2	2	∞	1	1	2	∞	∞	1
	Área sin cobertura vegetal	2	1	∞	1	0	0	∞	∞	1
	Infraestructura	0	∞	∞	∞	0	0	∞	∞	0
	Plantación Forestal	2	2	∞	∞	2	2	∞	∞	1
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera < 10	0	2	0	0	2	0	1	1	0
	Moderada 10 - 50	1	1	0	0	1	1	1	-1	1
	50 - 100	1	0	0	1	0	1	1	-1	2
	Muy Alta > 100	2	0	1	2	0	2	2	-1	2
Figuras de Protección	Áreas Protegidas	1	∞	∞	∞	2	2	0	∞	∞
	Colinas medianas	1	1	0	0	1	1	1	1	1
	Relieve escarpado	1	1	0	0	0	-1	0	0	0
	Relieve montañoso	1	2	0	0	0	0	0	0	0
	Talud de derrubios	2	1	1	0	0	∞	2	0	0
	Vertientes convexas	2	1	0	0	1	1	-1	1	0
	Vertientes cóncavas	1	1	1	0	1	1	2	1	2
	Vertientes irregulares	1	1	0	0	1	0	0	0	0
Tipo de clima	Pluvial	1	1	1	1	0	1	0	0	1
	Pluviestacional	1	1	1	1	0	1	0	0	2

Fuente: Autoras

5.3.5. Estudio del grado de conveniencia

Para evaluar el beneficio que produce la relación entre los elementos del medio y las actividades, se vuelve a expresar mediante una matriz de dimensión m por n, donde m corresponde a las actividades propuestas y n a los elementos del medio, con sus respectivas clases. Para la cual, las celdas de la matriz representan el valor asignado mediante el análisis respectivo y bajo los criterios del rango de conveniencia que se muestran en la tabla 39.

Tabla 53: Matriz de conveniencia

Elementos	Clase	Actividades								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Replantaciones forestales protectora	Tratamientos culturales	Actuaciones en riveras	Cambio de uso de suelo	Conservación de enclaves de interés (cultivos, cobertura vegetal)	Prácticas de conservación de suelos	Hidrotercias de corrección de cauces	Mantenimiento del uso agrícola	Implantación de prácticas mecánicas
	0-12	0	1	1	0	-	-	0	2	0
	12-25	1	1	1	0	-	-	0	1	-1

Pendiente	25-50	2	0	1	-1	-	-	1	-	2
	> 50	2	0	1	-1	-	-	2	-	2
Influencia hídrica	Si	0	1	2	-2	-	-2	2	∞	0
	No	0	0	-	0	-	0	0	0	0
Uso de suelo	Tierra Agropecuaria	-1	1	-	2	1	2	∞	2	2
	Bosque Nativo	2	1	-	0	2	2	∞	-	∞
	Vegetación arbustiva y herbácea	1	1	-	1	2	2	∞	-	1
	Área sin cobertura vegetal	1	-1	-	1	-2	1	∞	-	1
	Infraestructura	0	-	-	∞	0	-	∞	-	-
	Plantación Forestal	2	0	-	∞	-1	2	∞	-	-1
Pérdidas de suelo	Ninguna o ligera < 10	0	2	0	-1	1	2	1	1	0
	Moderada 10 - 50	1	1	0	-1	1	1	1	-1	1
	50 - 100	2	0	0	-1	-2	-1	2	-2	2
	Muy Alta > 100	2	0	0	-2	∞	-1	2	-2	2
Figuras de Protección	Áreas Protegidas	0	-	-	∞	2	2	0	-	∞
	Colinas medianas	1	1	0	-2	1	1	-1	1	-1
Relieve	Relieve escarpado	0	1	0	-2	-2	∞	-2	-	0
	Relieve montañoso	1	-1	0	-1	-2	0	-2	0	0
	Talud de derrubios	1	-2	0	∞	∞	∞	2	-	0
	Vertientes convexas	1	1	0	-1	1	1	-1	1	0
	Vertientes cóncavas	1	1	0	-1	1	1	1	1	1
	Vertientes irregulares	0	-2	0	-2	-2	0	0	-2	0
	Tipo de clima	Pluvial	1	1	1	1	0	1	0	-1
Pluviestacional		0	-1	-1	1	0	1	0	-1	1

Fuente: Autoras

5.3.6. Adecuación del medio para la realización de actividades

Matriz de adecuación

Utilizando las dos tablas matriciales anteriores, mediante la superposición de las coberturas de capacidad y grado de conveniencia se ha determinado la adecuación global del territorio, expresada en cada unidad territorial homogénea, para cada actividad (Ver Anexo 2, literal F).

Relación entre actividades

Se realizó un análisis de compatibilidad entre las diferentes actividades, como se observa en la tabla siguiente, la misma que expresa la matriz de compatibilidad o incompatibilidad existente entre dos actividades, ya que en principio algunas actividades propuestas se excluyen mutuamente porque son incompatibles o porque el desarrollo de la actividad influye decisivamente en la otra.

Tabla 54: *Compatibilidad entre actividades*

Actividades	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Repoblaciones forestales protectora	-	C	C	I	C	C	C	I	C
2. Tratamientos culturales	C	-	C	C	C	C	C	C	C
3. Acciones en riveras	C	C	-	C	C	C	C	C	C
4. Cambio de uso de suelo	I	C	C	-	I	I	C	I	C
5. Conservación de enclaves de interés	C	C	C	I	-	C	C	C	C
6. Prácticas de conservación de suelos	C	C	C	I	C	-	C	C	C
7. Hidrotecnias de corrección de cauces	C	C	C	C	C	C	-	C	C
8. Mantenimiento de uso agrícola	I	C	C	I	C	C	C	-	C
9. Implantación de prácticas mecánicas	C	C	C	C	C	C	C	C	-

Dónde: C = Compatible; I = Incompatible.

Fuente: Autoras

5.3.7. Propuesta de actividades para optimizar los objetivos

La asignación de actividades en la cuenca se ha establecido en función al mayor grado de adecuación que presenten y teniendo en cuenta que las actividades que coinciden en el territorio y que sean compatibles con este se puedan realizar todas a la vez. De esta manera, una vez obtenidas las actividades adecuadas para la zona en estudio, se generó los polígonos en los que coincide el grado de adecuación de las actividades compatibles, utilizando el de mayor grado de adecuación. En la tabla a continuación, se puede observar la adecuación para cada actividad de la microcuenca.

Tabla 55: *Actividades propuestas según los criterios de sostenibilidad*

Actividades	Adecuación	Superficie (km ²)
1. Repoblaciones forestales protectora	ALTA	18,33
	MEDIA	77,41
	N.A.	44,41
2. Tratamientos culturales	ALTA	53,33
	MEDIA	57,34
	N.A.	29,50
3. Actuaciones en riveras	ALTA	3,19
	MEDIA	1,15
	N.A.	135,83
4. Cambio de uso de suelo	ALTA	26,61
	MEDIA	9,37
	N.A.	104,19
	ALTA	57,74

5. Conservación de enclaves de interés (cultivos, cubierta actual)	MEDIA	75,67
	N.A.	6,76
	ALTA	67,65
6. Prácticas de conservación de suelos	MEDIA	16,16
	N.A.	56,36
	ALTA	2,09
7. Hidrotecnias de corrección de cauces	MEDIA	0,11
	N.A.	137,97
	ALTA	46,92
8. Mantenimiento del uso agrícola	MEDIA	49,86
	N.A.	43,29
	ALTA	67,73
9. Implementación de prácticas mecánicas	MEDIA	41,06
	N.A.	25,35
	ALTA	

Fuente: Autoras

Como se puede observar en la tabla anterior, se detalla el área en la microcuenca que puede ser ocupada de acuerdo al grado de adecuación alta, media o no adecuada(N.A.), por cada una de las actividades propuestas.

5.3.8. Propuesta de actuaciones

Así mismo las actividades que siendo compatibles puedan coincidir en el mismo polígono, pueden ser realizadas a la vez, por eso como una propuesta final se tomó en cuenta la clase de adecuación ALTA, esto se realizó mediante una superposición de las coberturas de adecuación a las diferentes actividades propuestas mediante las combinaciones posibles, de tal manera que se adoptó la clase de adecuación para la realización de cada actividad dentro de la microcuenca. En la siguiente tabla, se expone todas estas combinaciones:

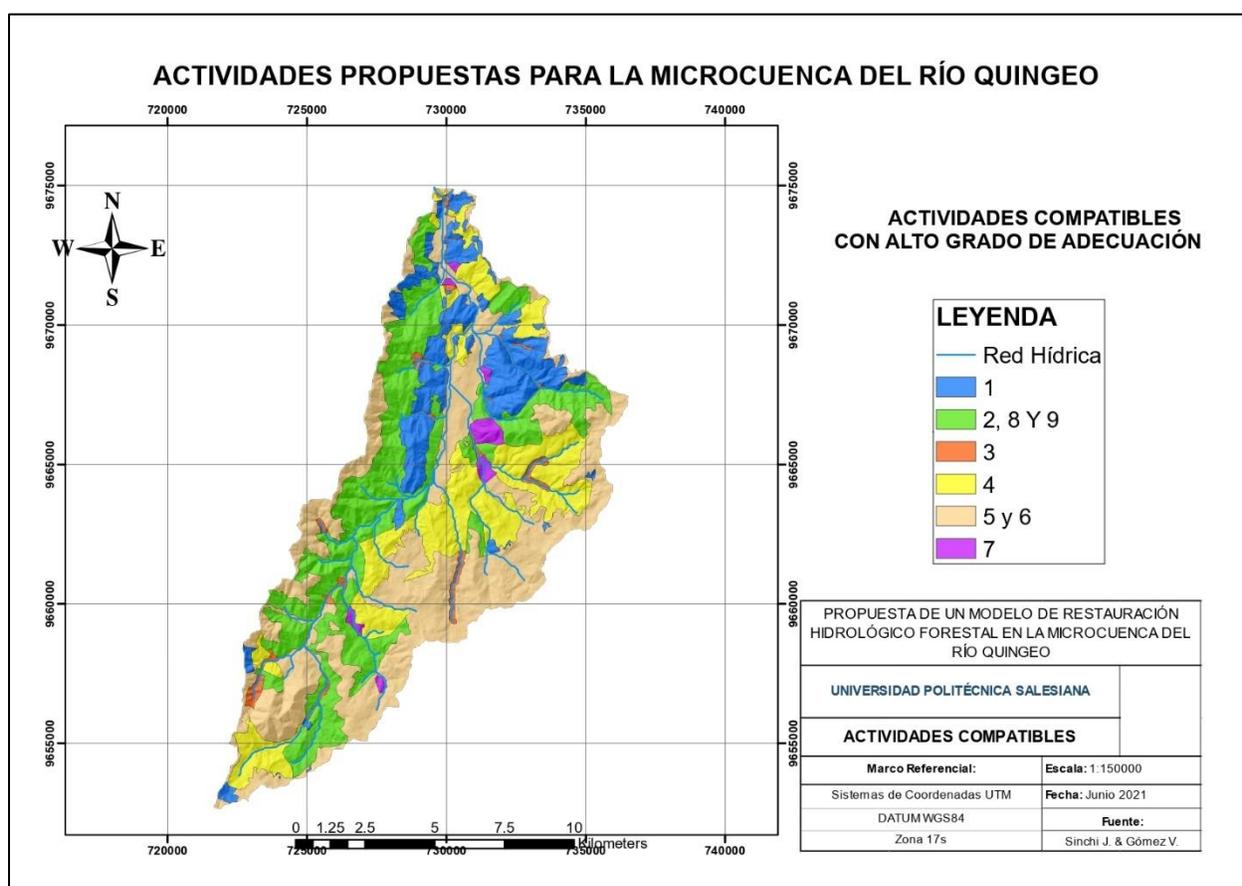
Tabla 56: *Actividades compatibles con alto grado de adecuación*

Actividades	Superficie (km ²)
1	17,25
2,8 y 9	37,54
3	3,19
4	26,61
5 y 6	53,49
7	2,09
TOTAL	140,17

Fuente: Autoras

Todas estas actividades propuestas están encaminadas a que sean factibles en su realización en el territorio de la microcuenca, por eso se escogió esta metodología de ordenación, ya que tomaba en cuenta mediante matrices y puntuaciones que actividades serán las que finalmente terminen aportando de manera más significativa a la reducción de los problemas que presentó la microcuenca debido al análisis de diferentes factores que se pudo realizar en nuestra área de estudio.

Sabemos que las distintas actividades tomadas en cuenta en la ordenación de la microcuenca del río Quingeo, inciden tanto en la utilización racional de los recursos naturales renovales, como en la ordenación global del territorio, fundamentalmente de las áreas rurales que predominan en la misma.



Mapa 18: Actividades compatibles con alto grado de adecuación

Fuente: Autoras

Las actividades compatibles con alto grado de adecuación que ocuparán entre ellas 37.54 km² del territorio son los tratamientos culturales, mantenimiento del uso agrícola e implementación de prácticas mecánicas. En cuanto a la actividad 2 propuesta, hace referencia por un lado a prácticas silviculturales es decir a los cuidados de las masas forestales con el fin de mejorar su calidad para favorecer la persistencia frente a los agentes externos, lo cual se podría desarrollar en áreas con erosión moderada o leve, es decir menor a 50 ton/ha*año, por otro lado en aquellas zonas de cultivos, matorral o arbolado en los que las pérdidas de suelo son inferiores a 10 t/ha*año es importante realizar estos tratamientos culturales, por ejemplo labrar la tierra por curva de nivel, la construcción de muretes, siembra por terrazas, aporques, entre otras. Complementario a esto la labranza en forma de surcos y en terrazas, ayudará a que la velocidad del flujo de escorrentía no arrastre suelo superficial generando erosión del suelo.

Asi mismo la actividad 8 que hace referencia al mantenimiento del uso agrícola, que ocupa gran cantidad de territorio, se lo hará en zonas donde exista tasas de erosión leves y con pendientes bajas, de la misma manera la actividad 9, implantación de prácticas mecánicas como construcción de terrazas, acequias de infiltración y zanjas podrán ser llevadas a cabo en zonas con pendientes altas y cuya cobertura actual del suelo puede ser desde zonas arboladas hasta matorrales, esto ayudará a que se reduzca el escurrimiento superficial que se genera cuando se dan lluvias torrenciales, ya que no permite que el agua se infiltre en el suelo debido a que cae demasiada precipitación en tan poco tiempo, ayudando a que a mayor cantidad de agua lluvia quede en el lugar donde cayó.

La actividad 5, conservación de enclaves de interés como cultivos u otra cubierta actual y la actividad 6, prácticas de conservación de suelo, son las dos actividades que serán llevadas a cabo a la vez y que ocupan 53,42 km² de la microcuenca; por ejemplo la incorporación de materia orgánica es una actividad de importancia fundamental en el desarrollo de las plantas, por ende los cultivos, ya que suelos con cantidades superiores de materia orgánica que otras, tienen mayor capacidad de retención de agua, por lo que en los meses que no existe grandes precipitaciones dentro de la microcuenca como son los meses desde mayo hasta septiembre, este suelo estará más preparado para soportar épocas de estiaje.

Una parte del territorio en donde el uso del suelo no presente cobertura vegetal puede darse un cambio de uso de suelo que estén encaminadas con la repoblación con masas arboladas, llevando a que el perfil del suelo tenga una mayor calidad. lo que en consecuencia genera que mejores

condiciones para el establecimiento de otras especies vegetales, es decir aumentará significativamente la biodiversidad en las zonas donde se lleve a cabo dichas actividades; y la elección de la especie se realizará en función de distintos factores como la altitud y la pendiente, por eso esta actividad ocupa 26,61 km².

Dentro del total del territorio de la microcuenca, la actividad 1 propuesta, repoblaciones forestales protectora, representa 17,25 km², entendiéndose que la misma se realizará con especies arboladas, de manera que se establezca una mayor densidad de plantación en aquellas zonas donde los procesos erosivos son más fuertes y donde existan pendientes mayores al 12%, pero preferentemente en aquellas que sobrepase el 50%.

La actividad 3, actuaciones en riveras, ocupa el 3,19% del territorio, esta será llevada a cabo en un radio de influencia de 100m alrededor del cauce, en las zonas de influencia hídrica donde se presenten áreas sin cobertura vegetal y además presenten altos índices de erosión, es importante las repoblaciones de especies relacionados con vegetación ripiaria, ya que las áreas repobladas evitarán que llegue caudales sólidos elevados a las riveras de los ríos, aumentando la carga de sedimentos en el caudal líquido de la microcuenca.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

La microcuenca del río Quingeo tiene una superficie total de 140,16 km², la parroquia de mayor extensión dentro del área es Quingeo, que cuenta con una población empleada de 2601 personas, misma que representa al grupo de la PEA.

El área de mayor superficie corresponde a las zonas de carácter rural, los sectores económicos en estas áreas destacan en el aporte a la economía provincial. Se realizan actividades primarias como la agricultura y ganadería, en el sector secundario aparece la industria manufacturera y finalmente el sector terciario en donde se realizan actividades constructivas y de comercio.

Se calcularon los diferentes parámetros morfométricos de la microcuenca en estudio, caracterizándose como una microcuenca alargada, deduciendo que su sistema hídrico se comporta con una respuesta relativamente lenta ante eventos torrenciales. Así mismo, en base a los parámetros de relieve encontrados, se estimó que la microcuenca tiene una pendiente fuertemente accidentada con un cauce principal de pendiente suave que presenta un desequilibrio en el lecho, dando lugar a una erosión diferencial. Además, se identificó que la zona en estudio pertenece a un río maduro, con un total aproximado de 85 segmentos (cauces), que fijan una red de drenaje de 0,757 km de río por km², con un grado de bifurcación bajo, y un tiempo de concentración de 8,51 horas, exponiendo que la microcuenca presenta una escorrentía baja con una infiltración alta.

En el proceso de estimación de pérdidas de suelo se puede decir que los suelos de la microcuenca del río Quingeo, como de muchos otros lugares del país se encuentran preocupantemente degradados, ya sea por el uso milenario o por las prácticas de cultivo que se realizan bajo ningún fundamento de sustentabilidad, se concluye que en el área de estudio existe una erosión actual de tipo severa en un 38% y que además hay zonas con inclinación a convertirse en zonas con erosión muy severa, estos resultados se basan en la existencia de un gran porcentaje de la PEA, dedicada a la agricultura.

Finalmente, con la ordenación de la microcuenca, cuyo principal objetivo es disminuir la erosión, se propusieron actuaciones como la conservación de enclaves de interés y prácticas de conservación de suelos ocupando 53,49 km², así mismo los tratamientos culturales, mantenimiento del uso agrícola e implementación de prácticas mecánicas ocupan un total de 37,54 km² y por último una de las actividades que menos territorio requiere es la de actuaciones en riveras representando 3,19 km².

6.2. RECOMENDACIONES

Fortalecer la red de monitoreo hidrológico en la microcuenca del Río Quingeo, implementando una estación meteorológica convencional, que servirá para medir y registrar datos climáticos dentro de la zona de estudio, con el propósito de generar información útil que permita comprender más a detalle el comportamiento hidrológico de la microcuenca en diferentes épocas del año, y de esta manera aportar o integrar a la gestión que realiza la autoridad responsable del área estudiada.

Elaborar un mapa hidrológico para las cuencas de potencial interés en estudios de degradación por erosión hídrica, esto con el propósito de generar información específica de la zona para futuras investigaciones que involucren la estimación de escorrentías directas.

La apertura de proyectos para análisis de suelos en cuanto al parámetro de humedad, de manera que estos datos puedan garantizar confiabilidad en la aplicación de métodos empíricos como la ecuación USLE, con el fin de generar estimaciones más precisas.

Analizar las actividades propuestas en la ordenación por sostenibilidad para la microcuenca aplicando diferentes metodologías, con el fin de llevar a cabo la implementación de las mismas, ya que permiten la protección del suelo frente a la erosión, y mantienen un enfoque de desarrollo sostenible en cuanto a las zonas ganaderas y agrícolas del área de estudio.

Realizar la gestión de la microcuenca de manera descentralizada con el fin de involucrar a más figuras de protección medioambiental, mediante acuerdos, convenios e incentivos; ya que dada la situación actual de la microcuenca es imprescindible la existencia de apoyo interinstitucional para disminuir la degradación acelerada de la unidad hidrográfica.

Considerar los resultados obtenidos en la presente investigación e implementar las actividades planteadas dentro del área de estudio, en un corto o mediano plazo dada la simplicidad de la aplicación y el manejo de las mismas.

7. REFERENCIAS

- Anaya, O. (2012). *Caracterización Morfométrica de la Cuenca Hidrográfica Chinchao, Distrito de Chinchao, Provincia Huanuco, Región Huanuco*. UNIVERSIDAD AGRARIA DE LA SELVA.
- Araya, J. L. (2015). *Modelo de restauración ambiental centrado en la fijación de carbono en microcuencas de la zona central de Chile*. Universidad de Barcelona, España.
- Baldeon, L. C. (2016). *Modelamiento Hidrológico de la Subcuenca del río Ahamayo*. Universidad del Centro del Perú.
- Bertsch, F., Mata, R., & Henríquez, C. (1993). *y que, en*.
- Bizzarri, E. C. (2000). Calidad De La Lluvia Poco Conocida. *Terra Nueva Etapa*, 15(1012–7089), 99–116. <http://www.redalyc.org/pdf/721/72102406.pdf>
- Bodoque, J. M., Pedraza, J., Martín-Duque, J. F., Sanz, M. A., Carrasco, R. M., Díez, A., & Mattera, M. (2001). *EVALUACIÓN DE LA DEGRADACIÓN ESPECÍFICA EN LA CUENCA VERTIENTE AL EMBALSE DE PUENTE ALTA (SEGOVIA) MEDIANTE MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DIRECTOS E INDIRECTOS Specific sediment yield evaluation in the drainage basin of the Puente Alta reservoir (Segovia) through*.
- Brieva, C. (2018). Proyecto Específico 1133022 “Caracterización y análisis multidisciplinario de la información hidrológicas en cuencas.” *Caracterización De Cuencas, Junio*, 161.
- Brito, C. E. (2018). *Estudio de la variabilidad temporal-espacial de lluvia a lo largo de la subcuenca del río Yanuncay del año 2016, Azuay-Ecuador*. 139.
- Cajamarca, R. (2017). Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector Jadán y Zhidmad en el área de interceptación con el Bosque y Vegetación Protectora Aguarongo (BVPA). *Ingeniería Ambiental*, 139.
- Calero, P. (2017). Aplicación del modelo U.S.L.E para la determinación de la pérdida de suelo por procesos erosivos en los páramos de la zona noroccidental del volcán Casahuala, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Pontificia Universidad Católica Del Ecuador*.
- Campo, A. M., Aldalur, N. B., & Fernández, S. N. (2012). Fluvial morphometry applied to an urban watershed in ingeniero white, república Argentina. *Investigaciones Geográficas*, 77, 7–17. <https://doi.org/10.14350/rig.31006>
- Carbone, M. E., Pícolo, M. C., & Perillo, M. E. (2003). *Caracterización Climática de la cuenca del arroyo Claromecó, Argentina*. 38, 41–60.
- Castillo, F. A. J. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos SRTM de la NASA. *Enfoque UTE*, 6, 81–97. <http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/80>
- Castillo, M., & Lugo, J. (2011). Estado actual del conocimiento , clasificación y propuesta de inclusión del término knickpoint en el léxico geológico- geomorfológico del español. *Boletín de La Sociedad Geológica Mexicana*.
- Castro Mendoza, I. (2013). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Ingeniería Hidráulica y Medioambiental*, XXXIV, 3–16.
- Çelik, A., Yaman, H., Turan, S., Kara, A., Kara, F., Zhu, B., Qu, X., Tao, Y., Zhu, Z., Dhokia, V., Nassehi, A., Newman, S. T., Zheng, L., Neville, A., Gledhill, A., Johnston, D., Zhang, H., Xu, J. J., Wang, G., ... Dutta, D. (2018). EL PRONÓSTICO DE LA EROSIÓN DE SUELOS COMO PARTE DEL PROCESO DE EVALUACIÓN. *Journal of Materials Processing Technology*, 1(1), 1–8.

- <http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001><http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2016.12.055><https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2019.02.006><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.04.024><https://doi.org/10.1016/j.matlet.2019.127252><http://dx.doi.org/10.1016/j.cirp.2016.06.001>
- Cerignoni, F. J., & Rodrigues, V. A. (2015). Análisis morfométrico de la microcuenca “C” núcleo Cunha, Sao Paolo, Brasil. *SECF*, 366, 355–366.
- Chester, S., Sandra, B., Eduardo, C., & David, M. (2017). Morfología interpretativa de alta resolución usando datos LiDAR en la cuenca hidrográfica del río Paute en Ecuador. *CONFibSIG*, 399–412.
- Cisneros, R. (2003). *Apuntes de riego y drenaje*. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Facultad de Ingeniería. Obtenido de <http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego%20y%20Drenaje.pdf>
- Corporacion Regional de Tolima. (1996). PERDIDAS DE SUELO. *הגנוטע עלון*, 66(December), 37–39.
- Corradine, M. F. (2017). Actualización Planes de Ordenación y Manejo de Cuencas Hidrográficas (POMCA). Río Garagoa. Fase de diagnóstico: Caracterización físico-biótica de la cuenca. *Consortio Río Garagoa*, 100, 6.
- Cruz, E., Chela, E., Monar B, C., Valverde, F., Cartagena, A., & Yamil, E. (2010). Evaluación de la pérdida productiva y económica por la erosión hídrica en tres sistemas de producción en la microcuenca del río Alumbre, provincia Bolivar, Ecuador. *XII Congreso Ecuatoriano de La Ciencia Del Suelo*, 17–19.
- Díaz Delgado, C., Mamadou Bâ, K., Iturbe Posadas, A., Esteller, M., & Reyna Sáenz, F. (1999). Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto del río Lerma, Estado de México. *Ciencia Ergo Sum*, 6(2), 124–134.
- Duque, P., Cajamarca, R., Beverley, C., & Delgado, W. M. E. (2019). *Estimación Del Balance Hídrico De Una Cuenca Andina Tropical*. 29(1), 56–69.
- Echeverri, L., Humberto, F., & Moncayo, O. (2010). Rainfall Erosivity in the South Center Zone of the Department of Caldas, Colombia Erosividad De Las Lluvias En La Región Centro-Sur Del Departamento De Caldas, Colombia. *Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín*, 63(1), 5307–5318.
- Fadda, G. (2016). *Clasificación de Suelos*.
- Farfán, F., Urbina, L., Ferreira, S., & Brandan, M. (2010). Caracterización y Red de Drenaje de la Subcuenca del Río Tin-Tin, PN. Los Cardones, Salta. *Ciencias Naturales*, 5(16), 16.
- Flores, M. Z. (2011). *Análisis y Comparación de Metodologías de Ordenación de cuencas hidrográficas. Aplicación a la cuenca de La Paz en Baja California Sur, México*. 1–206.
- Folgueiras, R. (2013). *Proyecto de restauración hidrológico forestal de la cuenca del arroyo de la Vega, desde su nacimiento hasta la confluencia con el Tajuña*. 531. http://oa.upm.es/14597/2/PFC_RAMON_FOLGUEIRAS_z.pdf
- Garay, D., & Gabriel, J. N. (2018). Delimitación Hidrográfica y Caracterización Morfométrica de la Cuenca del Río Anzulón. *INTA Ediciones*, 32.
- Gaspari, F. J., Rodríguez, A. M., Senisterra, G. E., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). *Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas*. Editorial de la Universidad de La Plata.
- Gisbert, J., Ibañez, S., & Moreno, H. (2008). *El Factor K de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE)*. 9.
- GOBIERNO AUTONOMO DESCENTRALIZADO PARROQUIAL RURAL DE QUINGEO.

- (2019). *PARROQUIAL RURAL DE QUINGEO Actualización del Plan de desarrollo y Ordenamiento*.
- Govers, G. (2014). *Un procedimiento GIS para calcular automáticamente el factor USLE LS en unidades de paisaje topográficamente complejas*.
- Hang, S. (2011). *La Edafología es la ciencia que estudia la naturaleza y propiedades del suelo en relación a la producción vegetal y el entorno que lo rodea*.
- Hernández, C. (2014). *Desarrollo de un modelo conceptual de ordenación de cuencas en el ámbito mediterráneo mediante la comparación de metodologías clásicas. Aplicación a la cuenca del río Guadalest*.
- Hernández, D. A. (2015). *Estimación de los parámetros morfométricos y las unidades de respuesta hidrológica de la cuenca del río Ráquira, Departamento de Boyacá a través del programa SWAT (Vol. 151)*. Universidad Católica de Colombia.
- Hudson, N. W. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía - N. W. Hudson - Google Libros (Food & Agriculture Org. (Ed.))*.
- Huerta Fernández, P., & Loli Figueroa, O. (2014). Erosión hídrica en la cuenca alta del río Moche. *Ecología Aplicada*, 13(1), 15–22.
- Ibañez, J. J. (2006). *La Erosión del Suelo: Tipos de Procesos Erosivos*.
- IERSE. (2019). *INFORMACIÓN TEMÁTICA DIGITAL DE LA CUENCA DEL RÍO PAUTE*. <http://gis.uazuay.edu.ec/descargas/promsa/paute/home.htm>
- Jenson, S. K., & Domingue, J. O. (1988). Extracting topographic structure from digital elevation data for geographic information system analysis. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11), 1593–1600.
- Jiménez Román, A. (1979). Factores más importantes que influyen en el régimen hidrológico del río Huicicila. In *Investigaciones Geográficas* (Vol. 1, Issue 9). <https://doi.org/10.14350/rig.58918>
- Jones, C. A., Griggs, R. H., Williams, J. R., & Srinivasan, R. (2008). *ch03*. <http://www.fao.org/3/T2351S03.htm>
- Juela, O. (2011). *Estudio hidrológico y balance hídrico de la cuenca alta del río Catamayo hasta la estación el arenal en el sitio el boquerón, provincia de Loja*. Universidad Nacional de Loja, Ecuador.
- Kadam, A. K., Jaweed, T. H., Kale, S. S., Umrikar, B. N., & Sankhua, R. N. (2019). Identification of erosion-prone areas using modified morphometric prioritization method and sediment production rate: a remote sensing and GIS approach. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, 10(1), 986–1006. <https://doi.org/10.1080/19475705.2018.1555189>
- Ketema, A., & Dwarakish, G. S. (2019). Water erosion assessment methods: a review. *ISH Journal of Hydraulic Engineering*, 1–8. <https://doi.org/10.1080/09715010.2019.1567398>
- Lee, J. H., Youm, J. H., & Kwon, K. S. (2006). Mercuric chloride induces apoptosis in MDCK cells. *Journal of Preventive Medicine and Public Health*, 39(3), 199–204.
- Legarda, L., & Viveros, M. (2013). La Importancia de la Hidrología en el manejo de Cuencas hidrológicas. In *Revista de Ciencias Agrícolas* (Vol 17 N°1).
- Loor, S. (2017). Estudio del balance hídrico superficial de las cuencas hidrográficas, sector San Juan y San Bartolomé en el área de interceptación con el bosque y vegetación protector Aguarongo. *Ingeniería Ambiental*, 139.
- López, F., & Romero, A. (1998). Erosión Y Desertificación: Implicaciones Ambientales Y

- Estrategias De Investigación. *Papeles de Geografía*, 28, 77–89.
- Lujan, D. L., Gabriels, D., Delgado, F., & Lozano, Z. (2007). *Indices De Clima, Erosion Y Productividad De Suelos En Venezuela*. 1–15.
- Lux Cardona, B. (2014). Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas. *Maestría En Energía y Ambiente*, 8.
- MAE. (2013). Modelo Bioclimático para la Representación Cartográfica de Ecosistemas del Ecuador Continental. *Sistema de Nacional de Información*. (SNI), 50.
- MAE. (2019). *MAPA INTERACTIVO*. <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- MAG. (2019). *MAPA DE ÓRDENES DE SUELOS DEL ECUADOR Memoria Explicativa PRESENTACIÓN*.
- Mancilla, G. (2008). *Uso y conservación de suelos: Uso de la ecuación universal de pérdidas de suelo (USLE) en el campo forestal*. 63.
- Martinez, S. R. (2008). *Global Bioclimatics 2008 - Glosario*. https://webs.ucm.es/info/cif/book/bioc/global_bioclimatics-2008_09.htm
- McCool, D. K., Brown, L. C., Foster, G. R., Mutchler, C. K., & Meyer, L. D. (1987). REVISED SLOPE STEEPNESS FACTOR FOR THE UNIVERSAL SOIL LOSS EQUATION. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 30(5), 1387–1396. <https://doi.org/10.13031/2013.30576>
- Medio Ambiente y Política Territorial. (2017). *Mapa del grado de erosión hídrica de los suelos - Suelo - Euskadi.eus*. https://www.euskadi.eus/informe_estudio/mapa-del-grado-de-erosion-hidrica-de-los-suelos-memoria/web01-a2inglur/es/
- Meza, D. (2016). *Caracterización hidrográfica de la cuenca ayuquila-armería mediante la aplicación de un Sistema de Información Geográfica* (Issue September 2006) [Universidad de Guadalajara, México.]. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4581.1440>
- Monjezi, A., Masjedi, A., Heidarnejad, M., & Pourmohammadi, M. H. (2017). Effects of slot size in the groin body on the riprap stability in a river bend. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7034–7044.
- Montaner, M. E., Sánchez, E., & Serrano, A. (1988). Aproximación, por el método de Thornthwaite, al cálculo de infiltración de lluvia útil. *Papeles de Geografía (Física)*.
- Moretto, B., Gentili, J. O., & Campo, A. M. (2019). Análisis morfométrico multiescalar en la cuenca alta del arroyo Sauce Corto (Buenos Aires, Argentina) . *Huellas* , 23(2), 149–167.
- Ordóñez, J. (2011). ¿ Qué Es Cuenca Hidrológica ? *Sociedad Geológica de Lima*, 1, 1–44. http://www.gwp.org/Global/GWP-SAM_Files/Publicaciones/Varios/Cuenca_hidrologica.pdf
- Ordoñez, J. J. (2011). Balance Hídrico Superficial. *Sociedad Geográfica de Lima*, 44.
- Organizacion de las Naciones Unidad para la Alimentadion y la Agricultura. (2009). *ch05*. <http://www.fao.org/3/T2351S05.htm>
- Ortiz, S. O. (2016). *Similitud Hidráulica de Sistemas hidrológicos altoandinos y transferencia de información Hidrometeorológica*. Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima-Perú.
- Porrás, A. (2017). Método Kriging de inferencia espacial. *Repositorio Nacional CONACYT*, 7.
- Quijano, J. E. (2014). Parámetros morfométricos, geomorfológicos y correlación estructural en cinco cuencas hidrográficas de la Cuenca Amagá. In *(Bachelor's thesis, Universidad EAFIT)*. Medellín - Colombia.
- PDOT Quingeo. (2014). *Actualización del Plan de desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial*

de Quingeo.

- PDOT Quingeo. (2019). Actualización del *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial de la Parroquia Quingeo*. Obtenido de <http://www.quingeo.gob.ec/wp-content/uploads/2020/05/resumen-PDOT-QUINGEO-2019.pdf>
- Racca, J. M. G. (2007). Análisis hipsométrico, frecuencia altimétrica y pendientes medias a partir de Modelos Digitales del Terreno. *Boletín Del Instituto de Fisiografía y Geología*, 77, 31–38.
- Ramírez, A. G., & Rosero, C. D. (2013). *Manual hidrológico de las cuencas hidrográficas de las vertientes del Amazonas*. Escuela Politécnica Nacional.
- Ramón, Mayra. (2015). *Estimación de la fracción de agua de evento y pre evento que aportan al caudal, mediante el uso de isótopos estables, en la cuenca del río Zhuruca*. Universidad de Cuenca, Azuay - Ecuador.
- Ramón, Moreno, Asensio, I., Blanquer, G., & Manuel, J. (2011). *Apellidos, nombre Moreno Ramón, Héctor*.
- Rivas, D., & Moreno, M. (2019). *Delimitación hidrográfica y caracterización morfométrico de la cuenca del río Metica Auxiliar de investigación* (Vol. 8, Issue 2) [Universidad Cooperativa de Colombia Sede Santiago de Cali]. <https://doi.org/10.22201/fq.18708404e.2004.3.66178>
- Rizo, R., Romero, L., & Zeledón, J. (2011). *Caracterización biofísica y socioeconómica de la microcuenca La Jabonera, perteneciente a la subcuenca del Río Estelí*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Rodr, L. M., Carlos, J., & Rodr, H. (2018). Modelo Raster. *Sistemas de Información Geográfica*, 1–47.
- Ruiz Álvarez, O., Arteaga Ramírez, R., Vázquez Peña, M., Ontiveros Capurata, R., & López López, R. (2012). Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. *Universidad y Ciencia*, 28(1), 1–14. <https://doi.org/10.19136/era.a28n1.28>
- Sanchez, A., Garcia, R., & Palma, A. (2003). *La cuenca hidrográfica unidad basica de planeacion y manejo de recursos naturales*.
- Sanchez, D. (2015). *Estudio Morfométrico del Caño el Bejuco afluente del río Tocoragua, Departamento de Cauca*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá - Colombia.
- Sánchez, J. (2015). Evapotranspiración. *Universidad de Salamanca*, 1–9.
- Santiago, J. (2005). Determinación del uso potencial de la tierra con fines agrícolas en el municipio Bolívar, estado Táchira. *Geoenseñanza*, 10(1), 69–85.
- Santillán, J. A., Villaseñor, D., Torres, C. R., & Urriolagoitia, G. (2013). Importancia de la teledetección en la exploración de recursos naturales. *Instituto Politécnico Nacional*, 12, 13.
- Santos, W., & Castro, D. (2012). *Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes ecuatorianos*. Pontificia Universidad Católica del Ecuador.
- Silva, J. (2015). *Modelo de restauración ambiental centrado en la fijación de carbono en microcuencas de la zona central de Chile Presentado por : Juan Luis Araya Silva Para optar al título de Doctor en : Geografía . Planificación Territorial y Gestión Ambiental*.
- Tapia, J. C. (2012). *Modelización Hidrológica de un Área Experimental en la Cuenca del Río Guayas en la Producción de Caudales y Sedimentos*. Universidad Nacional de la Plata, Argentina.
- Tejera, R., & García, J. L. (2006). Metodología para la ordenación de cuencas hidrográficas: Un

- nuevo enfoque basado en criterios de sostenibilidad. *Ingeniería Hidráulica En México*, 21(1), 43–58.
- Toppi, N. A. (2016). *Caracterización Morfométrica de la Cuenca del río Ñacunday*. Universidad Nacional del Este, Paraguay.
- Torrero, M. P. (2014). *Delimitación de la cuenca hidrográfica del río Tecka – Gualjaina, Chubut, Argentina*. Universidad Católica “Santa María de los Buenos Aires”, Argentina.
- UDA. (2017). *Cartografía | Infraestructura de Datos Espaciales UDA*. <http://gis.uazuay.edu.ec/?q=node/6>
- UICN. (2018). *Cuenca hidrográfica concepto UICN* (p. 1). https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/cuenca_hidrografica.pdf
- UNCED. (1992). *Report of the United Nations Conference on Environment and Development at Rio de Janeiro. Managing fragile ecosystems. Desertification and Drought*.
- Vidal, C. A., Peris Mendoza, M., & Sánchez Díaz, J. (1980). El estudio de la erosión hídrica en España (1980-2004). *Rev. C. & G*, 23, 141–151.
- Villota, M. A. (2019). *Análisis Morfométrico de la Cuenca del Río Mulaló utilizando herramientas de SIG*. Universidad Santo Tomás, Bogotá.
- Viramontes, O. A., Escoboza, L. F., Pinedo, C., Pinedo, A., Reyes, V. M., Román, J. A., & Pérez, A. (2007). Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua. *Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible, Vol 1*(3), 1–11.
- Wischmeier, W., & Smith, D. (1978). *Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning* - Walter H. Wischmeier, Dwight David Smith - Google Libros. [https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Wischmeier+y+Smith+\(1978\).&ots=cvlqmTltYT&sig=LPx9YcyY-p9AV_hXhpLYpOY3D2A#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Wischmeier+y+Smith+(1978).&ots=cvlqmTltYT&sig=LPx9YcyY-p9AV_hXhpLYpOY3D2A#v=onepage&q&f=false)

8. ANEXOS

ANEXO 1

A. Capacidad de retención de agua máxima potencial en función de la textura del suelo

Textura	Porosid. total (%)	DA (g cm ⁻³)	CC (%)	CMP (%)	Agua disponible		
					H% p.s.	H% vol	H mm 10 cm ⁻¹
Arenoso	38	1.65	9	4	5	8	8
	(32-42)	(1.55-1.8)	(6-12)	(2-6)	(4-6)	(6-10)	(7-10)
Franco-arenoso	43	1.5	14	6	8	12	12
	(40-47)	(1.4-1.60)	(10-18)	(4-8)	(6-10)	(9-15)	(9-15)
Franco	47	1.4	22	10	12	17	17
	(43-49)	(1.35-1.5)	(18-26)	(6-10)	(10-14)	(14-20)	(14-19)
Franco-arcilloso	49	1.33	27	13	14	19	19
	(47-51)	(1.3-1.4)	(23-31)	(12-15)	(12-16)	(16-22)	(17-22)
Arcillo-Arenoso	51	1.3	31	15	16	21	21
	(49-53)	(1.25-1.35)	(27-35)	(14-18)	(14-18)	(18-23)	(18-23)
Arcilloso	53	1.25	36	17	18	23	23
	(51-55)	(1.2-1.3)	(31-39)	(16-20)	(16-20)	(20-25)	(20-25)

B. Análisis de correlación

1. Precipitación media

Enero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,190	0,010
Cumbe (M0418)	0,190	1	0,624
Ricaurte (M0426)	0,010	0,624	1

Febrero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,753	0,617
Cumbe (M0418)	0,753	1	0,538
Ricaurte (M0426)	0,617	0,538	1

Marzo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,682	0,689
Cumbe (M0418)	0,682	1	0,722
Ricaurte (M0426)	0,689	0,722	1

Abril

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,229	0,480
Cumbe (M0418)	0,229	1	0,479
Ricaurte (M0426)	0,480	0,479	1

Mayo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,494	0,691
Cumbe (M0418)	0,494	1	0,760
Ricaurte (M0426)	0,691	0,760	1

Junio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,464	0,711
Cumbe (M0418)	0,464	1	0,298
Ricaurte (M0426)	0,711	0,298	1

Julio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,379	0,746
Cumbe (M0418)	0,379	1	0,414
Ricaurte (M0426)	0,746	0,414	1

Agosto

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,553	0,378
Cumbe (M0418)	0,553	1	0,289
Ricaurte (M0426)	0,378	0,289	1

Septiembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,209	0,656
Cumbe (M0418)	0,209	1	0,329
Ricaurte (M0426)	0,656	0,329	1

Octubre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,156	0,315
Cumbe (M0418)	0,156	1	0,609
Ricaurte (M0426)	0,315	0,609	1

Noviembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,167	0,583
Cumbe (M0418)	0,167	1	0,371
Ricaurte (M0426)	0,583	0,371	1

Diciembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	Cumbe (M0418)	Ricaurte (M0426)
Gualaceo (M0139)	1	0,278	0,792
Cumbe (M0418)	0,278	1	0,491
Ricaurte (M0426)	0,792	0,491	1

2. Temperatura media

Enero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,512	0,568
El Labrado (M0141)	0,512	1	0,126
Saraguro (M0142)	0,568	0,126	1

Febrero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,653	0,705
El Labrado (M0141)	0,653	1	0,529
Saraguro (M0142)	0,705	0,529	1

Marzo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,468	0,550
El Labrado (M0141)	0,468	1	0,367
Saraguro (M0142)	0,550	0,367	1

Abril

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,591	0,551
El Labrado (M0141)	0,591	1	0,108
Saraguro (M0142)	0,551	0,108	1

Mayo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,432	0,608
El Labrado (M0141)	0,432	1	0,295
Saraguro (M0142)	0,608	0,295	1

Junio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,508	0,648
El Labrado (M0141)	0,508	1	0,408
Saraguro (M0142)	0,648	0,408	1

Julio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,752	0,680
El Labrado (M0141)	0,752	1	0,671
Saraguro (M0142)	0,680	0,671	1

Agosto

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,581	0,412
El Labrado (M0141)	0,581	1	0,577
Saraguro (M0142)	0,412	0,577	1

Septiembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,750	0,428
El Labrado (M0141)	0,750	1	0,466
Saraguro (M0142)	0,428	0,466	1

Octubre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,493	0,520
El Labrado (M0141)	0,493	1	0,040
Saraguro (M0142)	0,520	0,040	1

Noviembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,354	0,542
El Labrado (M0141)	0,354	1	0,210
Saraguro (M0142)	0,542	0,210	1

Diciembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,050	0,378
El Labrado (M0141)	0,050	1	0,165
Saraguro (M0142)	0,378	0,165	1

3. Temperatura mínima

Enero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,420	0,226
El Labrado (M0141)	0,420	1	0,150
Saraguro (M0142)	0,226	0,150	1

Febrero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,379	0,172
El Labrado (M0141)	0,379	1	0,205
Saraguro (M0142)	0,172	0,205	1

Marzo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,256	0,122
El Labrado (M0141)	0,256	1	0,238
Saraguro (M0142)	0,122	0,238	1

Abril

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,033	0,057
El Labrado (M0141)	0,033	1	0,432
Saraguro (M0142)	0,057	0,432	1

Mayo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,171	0,342
El Labrado (M0141)	0,171	1	0,220
Saraguro (M0142)	0,342	0,220	1

Junio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,134	0,230
El Labrado (M0141)	0,134	1	0,314
Saraguro (M0142)	0,230	0,314	1

Julio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,487	0,501
El Labrado (M0141)	0,487	1	0,392
Saraguro (M0142)	0,501	0,392	1

Agosto

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,241	0,399
El Labrado (M0141)	0,241	1	0,040
Saraguro (M0142)	0,399	0,040	1

Septiembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,207	0,050
El Labrado (M0141)	0,207	1	0,479
Saraguro (M0142)	0,050	0,479	1

Octubre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,569	0,007
El Labrado (M0141)	0,569	1	0,465
Saraguro (M0142)	0,007	0,465	1

Noviembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,119	0,486
El Labrado (M0141)	0,119	1	0,040
Saraguro (M0142)	0,486	0,040	1

Diciembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,163	0,352
El Labrado (M0141)	0,163	1	0,165
Saraguro (M0142)	0,352	0,165	1

4. Temperatura máxima

Enero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,703	0,211
El Labrado (M0141)	0,703	1	0,416
Saraguro (M0142)	0,211	0,416	1

Febrero

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,495	0,339
El Labrado (M0141)	0,495	1	0,423
Saraguro (M0142)	0,339	0,423	1

Marzo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,239	0,031
El Labrado (M0141)	0,239	1	0,403
Saraguro (M0142)	0,031	0,403	1

Abril

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,244	0,174
El Labrado (M0141)	0,244	1	0,140
Saraguro (M0142)	0,174	0,140	1

Mayo

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,371	0,290
El Labrado (M0141)	0,371	1	0,341
Saraguro (M0142)	0,290	0,341	1

Junio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,515	0,478
El Labrado (M0141)	0,515	1	0,632
Saraguro (M0142)	0,478	0,632	1

Julio

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,432	0,341
El Labrado (M0141)	0,432	1	0,630
Saraguro (M0142)	0,341	0,630	1

Octubre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,693	0,225
El Labrado (M0141)	0,693	1	0,432
Saraguro (M0142)	0,225	0,432	1

Agosto

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,392	0,434
El Labrado (M0141)	0,392	1	0,570
Saraguro (M0142)	0,434	0,570	1

Noviembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,482	0,137
El Labrado (M0141)	0,482	1	0,307
Saraguro (M0142)	0,137	0,307	1

Septiembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,721	0,304
El Labrado (M0141)	0,721	1	0,662
Saraguro (M0142)	0,304	0,662	1

Diciembre

Estaciones	Gualaceo (M0139)	El Labrado (M0141)	Saraguro (M0142)
Gualaceo (M0139)	1	0,350	0,280
El Labrado (M0141)	0,350	1	0,139
Saraguro (M0142)	0,280	0,139	1

C. Método de regresión lineal para las series de datos climáticos.

1. Precipitación

Mes	Estación	Ecuación	R	Asociación	Datos rellenados
ENERO	Ricaurte (M0426)	$y = 0,3728x + 43,904$	0,62	Moderada	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2104x + 52,939$	0,19	Moderada	1
FEBRERO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,9826x + 5,3646$	0,75	Alta	1
	Cumbe (M0418)	$y = 0,5724x + 26,737$	0,75	Alta	1
MARZO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,7116x + 10,537$	0,69	Moderada	2
ABRIL	Gualaceo (M0139)	$y = 0,4595x + 38,682$	0,48	Moderada	3
	Cumbe (M0418)	$y = 0,3841x + 39,336$	0,48	Moderada	2
MAYO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,5225x + 20,112$	0,69	Moderada	1
	Cumbe (M0418)	$y = 0,422x + 22,576$	0,77	Alta	2
JUNIO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,6072x + 16,982$	0,71	Alta	2
	Cumbe (M0418)	$y = 0,705x + 19,024$	0,46	Moderada	1
JULIO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,766x + 12,833$	0,75	Alta	5
	Cumbe (M0418)	$y = 0,3364x + 18,343$	0,41	Moderada	4
AGOSTO	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3219x + 16,511$	0,38	Moderada	6
	Cumbe (M0418)	$y = 0,8637x + 4,9704$	0,55	Moderada	3
	Ricaurte (M0426)	$y = 0,5218x + 8,3267$	0,38	Moderada	1
SEPTIEMBRE	Gualaceo (M0139)	$y = 0,6242x + 8,8728$	0,66	Moderada	2
	Cumbe (M0418)	$y = 0,3117x + 28,291$	0,33	Moderada	2
OCTUBRE	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2179x + 61,894$	0,31	Moderada	2
	Cumbe (M0418)	$y = 0,4134x + 19,314$	0,61	Moderada	3
NOVIEMBRE	Gualaceo (M0139)	$y = 0,6502x + 29,68$	0,58	Moderada	2
	Cumbe (M0418)	$y = 0,2863x + 33,243$	0,37	Moderada	2
DICIEMBRE	Gualaceo (M0139)	$y = 0,9099x - 1,108$	0,79	Alta	2
	Cumbe (M0418)	$y = 0,2746x + 30,107$	0,49	Moderada	3
Total					55

2. Temperatura media

Mes	Estación	Ecuación	R	Asociación	Datos rellenos
ENERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,3924x + 14,897$	0,42	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 1,223x - 16,488$	0,70	Alta	4
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1314x + 22,624$	0,21	Baja	3
FEBRERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4392x + 14,284$	0,42	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6812x - 2,6746$	0,50	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2576x + 19,235$	0,34	Moderada	6
MARZO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4285x + 14,664$	0,40	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,3317x + 6,2182$	0,24	Baja	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0162x + 24,106$	0,03	Baja	4
ABRIL	Saraguro (M0142)	$y = 0,1612x + 18,794$	0,14	Baja	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4278x + 3,4974$	0,25	Baja	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0795x + 22,522$	0,17	Baja	7
MAYO	Saraguro (M0142)	$y = 0,309x + 16,524$	0,35	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,7014x - 3,2561$	0,37	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1604x + 20,487$	0,29	Baja	5
JUNIO	El Labrado (M0141)	$y = 0,7811x - 3,0222$	0,62	Moderada	6
	Saraguro (M0142)	$y = 0,5699x + 6,7518$	0,48	Moderada	4
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3611x + 18,559$	0,52	Moderada	6
JULIO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5889x + 12,044$	0,63	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,5531x - 1,0178$	0,43	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3453x + 16,115$	0,34	Moderada	8
AGOSTO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5784x + 12,109$	0,57	Moderada	8
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6651x - 3,028$	0,39	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3057x + 17,004$	0,43	Moderada	9
SEPTIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,7445x + 10,522$	0,66	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,8139x - 6,2723$	0,72	Alta	6
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2506x + 18,538$	0,30	Moderada	6

OCTUBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,6475x + 12,136$	0,43	Moderada	6
	El Labrado (M0141)	$y = 1,1023x - 13,46$	0,69	Moderada	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1111x + 22,662$	0,23	Baja	7
NOVIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,4293x + 15,355$	0,31	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,9231x - 8,6364$	0,48	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0654x + 23,869$	0,14	Baja	6
DICIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,1192x + 19,432$	0,14	Baja	5
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4753x + 2,4349$	0,35	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = -0,2498x + 30,937$	0,29	Baja	5
Total					171

3. Temperatura mínima

Mes	Estación	Ecuación	R	Asociación	Datos rellenados
ENERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,3924x + 14,897$	0,42	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 1,223x - 16,488$	0,70	Alta	4
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1314x + 22,624$	0,21	Baja	3
FEBRERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4392x + 14,284$	0,42	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6812x - 2,6746$	0,50	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2576x + 19,235$	0,34	Moderada	6
MARZO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4285x + 14,664$	0,40	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,3317x + 6,2182$	0,24	Baja	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0162x + 24,106$	0,03	Baja	4
ABRIL	Saraguro (M0142)	$y = 0,1612x + 18,794$	0,14	Baja	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4278x + 3,4974$	0,25	Baja	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0795x + 22,522$	0,17	Baja	7
MAYO	Saraguro (M0142)	$y = 0,309x + 16,524$	0,35	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,7014x - 3,2561$	0,37	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1604x + 20,487$	0,29	Baja	5
JUNIO	El Labrado (M0141)	$y = 0,7811x - 3,0222$	0,62	Moderada	6
	Saraguro (M0142)	$y = 0,5699x + 6,7518$	0,48	Moderada	4

	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3611x + 18,559$	0,52	Moderada	6
JULIO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5889x + 12,044$	0,63	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,5531x - 1,0178$	0,43	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3453x + 16,115$	0,34	Moderada	8
AGOSTO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5784x + 12,109$	0,57	Moderada	8
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6651x - 3,028$	0,39	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3057x + 17,004$	0,43	Moderada	9
SEPTIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,7445x + 10,522$	0,66	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,8139x - 6,2723$	0,72	Alta	6
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2506x + 18,538$	0,30	Moderada	6
OCTUBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,6475x + 12,136$	0,43	Moderada	6
	El Labrado (M0141)	$y = 1,1023x - 13,46$	0,69	Moderada	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1111x + 22,662$	0,23	Baja	7
NOVIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,4293x + 15,355$	0,31	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,9231x - 8,6364$	0,48	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0654x + 23,869$	0,14	Baja	6
DICIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,1192x + 19,432$	0,14	Baja	5
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4753x + 2,4349$	0,35	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = -0,2498x + 30,937$	0,29	Baja	5
Total					171

4. Temperatura máxima

Mes	Estación	Ecuación	R	Asociación	Datos rellenados
ENERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,3924x + 14,897$	0,42	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 1,223x - 16,488$	0,70	Alta	4
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1314x + 22,624$	0,21	Baja	3
FEBRERO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4392x + 14,284$	0,42	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6812x - 2,6746$	0,50	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2576x + 19,235$	0,34	Moderada	6

MARZO	Saraguro (M0142)	$y = 0,4285x + 14,664$	0,40	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,3317x + 6,2182$	0,24	Baja	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0162x + 24,106$	0,03	Moderada	4
ABRIL	Saraguro (M0142)	$y = 0,1612x + 18,794$	0,14	Baja	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4278x + 3,4974$	0,25	Baja	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0795x + 22,522$	0,17	Baja	7
MAYO	Saraguro (M0142)	$y = 0,309x + 16,524$	0,35	Moderada	3
	El Labrado (M0141)	$y = 0,7014x - 3,2561$	0,37	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1604x + 20,487$	0,29	Baja	5
JUNIO	El Labrado (M0141)	$y = 0,7811x - 3,0222$	0,62	Moderada	6
	Saraguro (M0142)	$y = 0,5699x + 6,7518$	0,48	Moderada	4
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3611x + 18,559$	0,52	Moderada	6
JULIO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5889x + 12,044$	0,63	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,5531x - 1,0178$	0,43	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3453x + 16,115$	0,34	Moderada	8
AGOSTO	Saraguro (M0142)	$y = 0,5784x + 12,109$	0,57	Moderada	8
	El Labrado (M0141)	$y = 0,6651x - 3,028$	0,39	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,3057x + 17,004$	0,43	Moderada	9
SEPTIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,7445x + 10,522$	0,66	Moderada	7
	El Labrado (M0141)	$y = 0,8139x - 6,2723$	0,72	Alta	6
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,2506x + 18,538$	0,30	Moderada	6
OCTUBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,6475x + 12,136$	0,43	Moderada	6
	El Labrado (M0141)	$y = 1,1023x - 13,46$	0,69	Moderada	2
	Gualaceo (M0139)	$y = 0,1111x + 22,662$	0,23	Baja	7
NOVIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,4293x + 15,355$	0,31	Moderada	4
	El Labrado (M0141)	$y = 0,9231x - 8,6364$	0,48	Moderada	3

	Gualaceo (M0139)	$y = 0,0654x + 23,869$	0,14	Baja	6
DICIEMBRE	Saraguro (M0142)	$y = 0,1192x + 19,432$	0,14	Baja	5
	El Labrado (M0141)	$y = 0,4753x + 2,4349$	0,35	Moderada	3
	Gualaceo (M0139)	$y = -0,2498x + 30,937$	0,29	Baja	5
				Total	171

D. Prueba de rachas de Thom y curva de doble masa.

1. Prueba de rachas (Precipitación)

Gualaceo (M0139)				Cumbe (M0418)				Ricaurte (M0426)			
AÑOS	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS
1985	534,3	-	1	1985	553	-	1	1985	714,1	-	1
1986	557,9	-	0	1986	667,9	-	0	1986	841,9	-	0
1987	583,7	-	0	1987	733,7	+	1	1987	645,3	-	0
1988	889,8	+	1	1988	946,2	+	0	1988	1083,4	+	1
1989	819,1	+	0	1989	823,5	+	0	1989	931,9	+	0
1990	697,9	-	1	1990	804,8	+	0	1990	1103,5	+	0
1991	635,7	-	0	1991	603,9	-	1	1991	877,8	-	1
1992	530,7	-	0	1992	548,9	-	0	1992	854	-	0
1993	743,8	-	0	1993	831,4	+	1	1993	1285,4	+	1
1994	826,4	+	1	1994	623,5	-	1	1994	1045,2	+	0
1995	566,6	-	1	1995	684,4	-	0	1995	768,5	-	1
1996	980,3	+	1	1996	684,1	-	0	1996	996,5	+	1
1997	778,7	-	1	1997	712,1	+	1	1997	734,4	-	1
1998	793	-	0	1998	807,2	+	0	1998	967,4	+	1
1999	1085,5	+	1	1999	1163,8	+	0	1999	1248,1	+	0
2000	991,9	+	0	2000	743,3	+	0	2000	1167,3	+	0
2001	663	-	1	2001	664,3	-	1	2001	658,7	-	1
2002	739,6	-	0	2002	682	-	0	2002	795	-	0
2003	692	-	0	2003	625,5	-	0	2003	848,7	-	0
2004	807,8	+	1	2004	646	-	0	2004	943,3	+	1
2005	865,3	+	0	2005	797,1	+	1	2005	1006,3	+	0
2006	915,4	+	0	2006	672,5	-	1	2006	882,5	-	1
2007	847,7	+	0	2007	862	+	1	2007	843,1	-	0
2008	1169,1	+	0	2008	751,1	+	0	2008	1170	+	1
2009	739,8	-	1	2009	550,8	-	1	2009	744,1	-	1
2010	957	+	1	2010	418,1	-	0	2010	997,4	+	1
2011	1454,2	+	0	2011	714	+	1	2011	1345,4	+	0
2012	959,9	+	0	2012	851,3	+	0	2012	891,7	-	1
2013	633,1	-	1	2013	693	-	1	2013	878	-	0
Med.	793	14	13	Med.	693	14	13	Med.	891,7	14	15

2. Prueba de rachas (Temperatura media)

Gualaceo (M0139)				El Labrado (M0141)				Saraguro (M0142)			
AÑOS	PP (mm)	NA	NS	Años	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS
1985	204,5	-	1	1985	100	-	1	1985	155,3	-	1
1986	203,3	-	0	1986	101,6	-	0	1986	157,5	-	0
1987	214,1	+	1	1987	109,3	+	1	1987	164,1	-	0
1988	206,4	-	1	1988	105,5	+	0	1988	165,9	-	0
1989	201,7	-	0	1989	100,3	-	1	1989	163,8	-	0
1990	207,6	-	0	1990	104,2	-	0	1990	169	-	0
1991	207,6	-	0	1991	105,6	+	1	1991	174,5	-	0
1992	208,7	-	0	1992	104,3	-	1	1992	169,9	-	0
1993	206,5	-	0	1993	104	-	0	1993	169	-	0
1994	202,2	-	0	1994	100,9	-	0	1994	173,2	-	0
1995	211,7	+	1	1995	105,8	+	1	1995	183,2	+	1
1996	204	-	1	1996	103,1	-	1	1996	173	-	1
1997	209,5	-	0	1997	106,7	+	1	1997	175,2	-	0
1998	214,6	+	1	1998	113,6	+	0	1998	181,8	+	1
1999	207,5	-	1	1999	103,5	-	1	1999	177,4	-	1
2000	210	+	1	2000	105,6	+	1	2000	175,8	-	0
2001	207,1	-	1	2001	107,4	+	0	2001	177,9	-	0
2002	209,8	-	0	2002	109,6	+	0	2002	181,9	+	1
2003	211,5	+	1	2003	108,1	+	0	2003	182,8	+	0
2004	212,4	+	0	2004	109,1	+	0	2004	181,9	+	0
2005	214,1	+	0	2005	110,5	+	0	2005	180,9	+	0
2006	213,5	+	0	2006	107,5	+	0	2006	180,8	+	0
2007	211,2	+	0	2007	104,5	-	1	2007	177,8	-	1
2008	207,6	-	1	2008	97,5	-	0	2008	174,6	-	0
2009	217	+	1	2009	105	+	1	2009	185,4	+	1
2010	216,2	+	0	2010	103,3	-	1	2010	187	+	0
2011	215,4	+	0	2011	99,7	-	0	2011	179,7	-	1
2012	210,9	+	0	2012	100,1	-	0	2012	180	+	1
2013	212,5	+	0	2013	99,1	-	0	2013	180,9	+	0
Med.	209,8	14	12	Med.	104,5	14	13	Med.	179,7	11	10

3. Prueba de rachas (Temperatura mínima)

Gualaceo (M0139)				El Labrado (M0141)				Saraguro (M0142)			
AÑOS	PP (mm)	NA	NS	Años	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS
1985	122,1	-	1	1985	51,8	-	1	1985	45,5	-	1
1986	122,9	-	0	1986	59,3	+	1	1986	62,4	-	0
1987	128,5	-	0	1987	65,9	+	0	1987	78,1	-	0
1988	135,7	+	1	1988	60,2	+	0	1988	85,8	-	0
1989	130,3	-	1	1989	55,5	-	1	1989	84,3	-	0

1990	136,9	+	1	1990	59,4	+	1	1990	95,7	-	0
1991	128	-	1	1991	48,8	-	1	1991	117,8	+	1
1992	112,6	-	0	1992	47,1	-	0	1992	100,3	-	1
1993	125,2	-	0	1993	58	+	1	1993	88,3	-	0
1994	111,1	-	0	1994	53,6	-	1	1994	99,3	-	0
1995	127,2	-	0	1995	50,1	-	0	1995	97,6	-	0
1996	130,2	-	0	1996	47	-	0	1996	115	-	0
1997	136,1	+	1	1997	46,1	-	0	1997	120,4	+	1
1998	140,6	+	0	1998	51,5	-	0	1998	118,2	+	0
1999	134,5	+	0	1999	40,8	-	0	1999	119,2	+	0
2000	128,6	-	1	2000	48,4	-	0	2000	114,8	-	1
2001	132,5	+	1	2001	45,8	-	0	2001	115,5	+	1
2002	131,4	+	0	2002	52,6	-	0	2002	122,3	+	0
2003	135,6	+	0	2003	47,2	-	0	2003	121,1	+	0
2004	132,2	+	0	2004	46	-	0	2004	102,8	-	1
2005	131,1	+	0	2005	56,6	+	1	2005	104	-	0
2006	132,9	+	0	2006	47,8	-	1	2006	124,4	+	1
2007	122,9	-	1	2007	40,5	-	0	2007	125	+	0
2008	133,8	+	1	2008	61,4	+	1	2008	101,6	-	1
2009	132,6	+	0	2009	60,6	+	0	2009	126,1	+	1
2010	124,3	-	1	2010	55,2	-	1	2010	115,1	-	1
2011	131,8	+	1	2011	61	+	1	2011	111	-	0
2012	123,1	-	1	2012	66,5	+	0	2012	107,9	-	0
2013	124,5	-	0	2013	67,7	+	0	2013	109,2	-	0
Med.	130,3	14	13	Med.	56,6	11	12	Med.	115,2	10	11

4. Prueba de rachas (Temperatura máxima)

Gualaceo (M0139)				El Labrado (M0141)				Saraguro (M0142)			
AÑOS	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS	AÑOS	PP (mm)	NA	NS
1985	294,9	+	1	1985	153,1	-	1	1985	214,5	-	1
1986	286,5	-	1	1986	150,6	-	0	1986	220,6	-	0
1987	302,6	+	1	1987	158,3	-	0	1987	226	-	0
1988	291,9	+	0	1988	158,5	-	0	1988	225,1	-	0
1989	287,3	-	1	1989	150,9	-	0	1989	222,6	-	0
1990	295,9	+	1	1990	155,3	-	0	1990	227,6	-	0
1991	292,6	+	0	1991	161,2	-	0	1991	245,8	-	0
1992	291,1	+	0	1992	164,6	+	1	1992	243,3	-	0
1993	289,1	-	1	1993	162,8	-	1	1993	237,2	-	0
1994	283	-	0	1994	156,7	-	0	1994	249,1	-	0
1995	301,9	+	1	1995	168,9	+	1	1995	261,2	+	1
1996	286,8	-	1	1996	162,6	-	1	1996	250,9	-	1
1997	296	+	1	1997	173,8	+	1	1997	252,8	+	1

1998	296,8	+	0	1998	182,4	+	0	1998	262,9	+	0
1999	284,3	-	1	1999	173	+	0	1999	247,4	-	1
2000	291,9	+	1	2000	176,9	+	0	2000	251,6	-	0
2001	287,7	-	1	2001	178,2	+	0	2001	252,7	+	1
2002	291,3	+	1	2002	186,2	+	0	2002	255,2	+	0
2003	289,2	-	1	2003	179,2	+	0	2003	251,8	-	1
2004	289,6	-	0	2004	161	-	1	2004	254,2	+	1
2005	293	+	1	2005	174	+	1	2005	257,8	+	0
2006	293,1	+	0	2006	168,8	+	0	2006	255,3	+	0
2007	287,9	-	1	2007	158,8	-	1	2007	251,2	-	1
2008	283,7	-	0	2008	147,1	-	0	2008	244,7	-	0
2009	290,8	+	1	2009	155,2	-	0	2009	257,7	+	1
2010	290,7	-	1	2010	147	-	0	2010	261,8	+	0
2011	289,9	-	0	2011	153	-	0	2011	248	-	1
2012	280,8	-	0	2012	148,1	-	0	2012	248,4	-	0
2013	277,6	-	0	2013	134,4	-	0	2013	241,8	-	0
Med.	290,7	14	18	Med.	162,8	11	9	Med.	251,8	10	11

5. Curva de doble masa o de acumulación (Precipitación)

AÑOS	Gualaceo (M0139)		Cumbe (M0418)		Ricaurte (M0426)		Referencia (000)	
	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul
1985	534,3	534,3	553	553	1814,8	1814,8	714,1	714,1
1986	557,9	1092,2	667,9	1220,9	2232,6	4047,4	841,9	1556
1987	583,7	1675,9	733,7	1954,6	1922,1	5969,5	645,3	2201,3
1988	889,8	2565,7	946,2	2900,8	1293,5	7263	1083,4	3284,7
1989	819,1	3384,8	823,5	3724,3	1023,8	8286,8	931,9	4216,6
1990	697,9	4082,7	804,8	4529	1302,3	9589,1	1103,5	5320,1
1991	635,7	4718,5	603,9	5132,9	1213,4	10802,5	877,8	6197,9
1992	530,7	5249,2	548,9	5681,8	1087,8	11890,3	854	7051,9
1993	743,8	5993	831,4	6513,2	1337,3	13227,6	1285,4	8337,3
1994	826,4	6819,4	623,5	7136,7	1578,5	14806,1	1045,2	9382,5
1995	566,6	7386	684,4	7821,1	1030,4	15836,5	768,5	10151
1996	980,3	8366,3	684,1	8505,3	1265,4	17101,9	996,5	11147,5
1997	778,7	9145	712,1	9217,3	1281,3	18383,2	734,4	11881,9
1998	793	9938	807,2	10024,5	1282	19665,2	967,4	12849,3
1999	1085,5	11023,5	1163,8	11188,3	1454,6	21119,8	1248,1	14097,4
2000	991,9	12015,4	743,3	11931,6	1135,5	22255,3	1167,3	15264,7
2001	663	12678,4	664,3	12595,9	1159,8	23415,1	658,7	15923,4
2002	739,6	13418	682	13277,9	1430,5	24845,6	795	16718,4
2003	692	14110	625,5	13903,4	1140,6	25986,2	848,7	17567,1
2004	807,8	14917,8	646	14549,5	1471,7	27457,9	943,3	18510,4
2005	865,3	15783,1	797,1	15346,6	1260,1	28718,1	1006,3	19516,7

2006	915,4	16698,4	672,5	16019	1015,2	29733,3	882,5	20399,2
2007	847,7	17546,1	862	16881	1366,2	31099,5	843,1	21242,3
2008	1169,1	18715,2	751,1	17632,1	1482,7	32582,2	1170	22412,3
2009	739,8	19455	550,8	18182,9	1189	33771,2	744,1	23156,4
2010	957	20412	418,1	18601	1321,5	35092,7	997,4	24153,8
2011	1454,2	21866,2	714	19315	1607,9	36700,6	1345,4	25499,2
2012	959,9	22826,1	851,3	20166,3	1140,6	37841,2	891,7	26390,9
2013	633,1	23459,2	693	20859,4	1200,4	39041,6	878	27268,9

6. Curva de doble masa o de acumulación (Temperatura media)

AÑOS	Gualaceo (M0139)		El Labrado (M0141)		Saraguro (M0142)		Referencia (000)	
	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul
1985	204,5	204,5	100,0	100,0	155,3	155,3	714,1	714,1
1986	203,3	407,7	101,6	201,6	157,5	312,8	841,9	1556,0
1987	214,1	621,8	109,3	310,9	164,1	476,9	645,3	2201,3
1988	206,4	828,2	105,5	416,4	165,9	642,8	1083,4	3284,7
1989	201,7	1029,9	100,3	516,7	163,8	806,6	931,9	4216,6
1990	207,6	1237,5	104,2	620,9	169,0	975,6	1103,5	5320,1
1991	207,6	1445,1	105,6	726,5	174,5	1150,1	877,8	6197,9
1992	208,7	1653,8	104,3	830,8	169,9	1320,1	854,0	7051,9
1993	206,5	1860,3	104,0	934,8	169,0	1489,1	1285,4	8337,3
1994	202,2	2062,5	100,9	1035,7	173,2	1662,2	1045,2	9382,5
1995	211,7	2274,2	105,8	1141,5	183,2	1845,4	768,5	10151,0
1996	204,0	2478,1	103,1	1244,6	173,0	2018,4	996,5	11147,5
1997	209,5	2687,6	106,7	1351,3	175,2	2193,6	734,4	11881,9
1998	214,6	2902,2	113,6	1465,0	181,8	2375,5	967,4	12849,3
1999	207,5	3109,7	103,5	1568,4	177,4	2552,8	1248,1	14097,4
2000	210,0	3319,7	105,6	1674,0	175,8	2728,6	1167,3	15264,7
2001	207,1	3526,8	107,4	1781,4	177,9	2906,5	658,7	15923,4
2002	209,8	3736,6	109,6	1891,0	181,9	3088,4	795,0	16718,4
2003	211,5	3948,1	108,1	1999,1	182,8	3271,2	848,7	17567,1
2004	212,4	4160,5	109,1	2108,2	181,9	3453,1	943,3	18510,4
2005	214,1	4374,6	110,5	2218,7	180,9	3634,0	1006,3	19516,7
2006	213,5	4588,0	107,5	2326,2	180,8	3814,8	882,5	20399,2
2007	211,2	4799,2	104,5	2430,7	177,8	3992,6	843,1	21242,3
2008	207,6	5006,8	97,5	2528,2	174,6	4167,2	1170,0	22412,3
2009	217,0	5223,8	105,0	2633,3	185,4	4352,6	744,1	23156,4
2010	216,2	5440,0	103,3	2736,6	187,0	4539,6	997,4	24153,8
2011	215,4	5655,4	99,7	2836,3	179,7	4719,3	1345,4	25499,2
2012	210,9	5866,3	100,1	2936,4	180,0	4899,3	891,7	26390,9
2013	212,5	6078,8	99,1	3035,5	180,9	5080,1	878,0	27268,9

7. Curva de doble masa o de acumulación (Temperatura mínima)

AÑOS	Gualaceo (M0139)		El Labrado (M0141)		Saraguro (M0142)		Referencia (000)	
	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul
1985	122,1	122,1	51,8	51,8	45,5	45,5	714,1	714,1
1986	122,9	245,0	59,3	111,1	62,4	107,9	841,9	1556,0

1987	128,5	373,5	65,9	177,0	78,1	186,0	645,3	2201,3
1988	135,7	509,2	60,2	237,2	85,8	271,8	1083,4	3284,7
1989	130,3	639,5	55,5	292,7	84,3	356,1	931,9	4216,6
1990	136,9	776,4	59,4	352,0	95,7	451,8	1103,5	5320,1
1991	128,0	904,5	48,8	400,9	117,8	569,6	877,8	6197,9
1992	112,6	1017,1	47,1	447,9	100,3	670,0	854,0	7051,9
1993	125,2	1142,3	58,0	505,9	88,3	758,3	1285,4	8337,3
1994	111,1	1253,5	53,6	559,5	99,3	857,6	1045,2	9382,5
1995	127,2	1380,7	50,1	609,7	97,6	955,2	768,5	10151,0
1996	130,2	1510,9	47,0	656,7	115,0	1070,2	996,5	11147,5
1997	136,1	1647,0	46,1	702,8	120,4	1190,6	734,4	11881,9
1998	140,6	1787,6	51,5	754,3	118,2	1308,8	967,4	12849,3
1999	134,5	1922,1	40,8	795,1	119,2	1428,0	1248,1	14097,4
2000	128,6	2050,6	48,4	843,5	114,8	1542,8	1167,3	15264,7
2001	132,5	2183,1	45,8	889,3	115,5	1658,3	658,7	15923,4
2002	131,4	2314,5	52,6	941,9	122,3	1780,6	795,0	16718,4
2003	135,6	2450,1	47,2	989,1	121,1	1901,7	848,7	17567,1
2004	132,2	2582,3	46,0	1035,1	102,8	2004,5	943,3	18510,4
2005	131,1	2713,4	56,6	1091,7	104,0	2108,5	1006,3	19516,7
2006	132,9	2846,3	47,8	1139,5	124,4	2232,9	882,5	20399,2
2007	122,9	2969,2	40,5	1180,0	125,0	2357,9	843,1	21242,3
2008	133,8	3103,0	61,4	1241,4	101,6	2459,5	1170,0	22412,3
2009	132,6	3235,6	60,6	1302,0	126,1	2585,6	744,1	23156,4
2010	124,3	3359,9	55,2	1357,2	115,1	2700,7	997,4	24153,8
2011	131,8	3491,7	61,0	1418,2	111,0	2811,7	1345,4	25499,2
2012	123,1	3614,8	66,5	1484,7	107,9	2919,6	891,7	26390,9
2013	124,5	3739,3	67,7	1552,4	109,2	3028,8	878,0	27268,9

8. Curva de doble masa o de acumulación (Temperatura máxima)

AÑOS	Gualaceo (M0139)		El Labrado (M0141)		Saraguro (M0142)		Referencia (000)	
	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul	PP(mm)	P.Acumul
1985	294,9	294,9	153,1	153,1	214,5	214,5	714,1	714,1
1986	286,5	581,4	150,6	303,7	220,6	435,1	841,9	1556,0
1987	302,6	884,0	158,3	462,0	226,0	661,1	645,3	2201,3
1988	291,9	1175,9	158,5	620,5	225,1	886,2	1083,4	3284,7
1989	287,3	1463,2	150,9	771,4	222,6	1108,8	931,9	4216,6
1990	295,9	1759,1	155,3	926,7	227,6	1336,4	1103,5	5320,1
1991	292,6	2051,7	161,2	1087,9	245,8	1582,2	877,8	6197,9
1992	291,1	2342,8	164,6	1252,5	243,3	1825,5	854,0	7051,9
1993	289,1	2632,0	162,8	1415,3	237,2	2062,7	1285,4	8337,3
1994	283,0	2914,9	156,7	1572,0	249,1	2311,8	1045,2	9382,5
1995	301,9	3216,8	168,9	1740,9	261,2	2573,0	768,5	10151,0
1996	286,8	3503,6	162,6	1903,5	250,9	2823,9	996,5	11147,5
1997	296,0	3799,6	173,8	2077,2	252,8	3076,7	734,4	11881,9
1998	296,8	4096,4	182,4	2259,6	262,9	3339,6	967,4	12849,3
1999	284,3	4380,7	173,0	2432,6	247,4	3586,9	1248,1	14097,4
2000	291,9	4672,6	176,9	2609,5	251,6	3838,6	1167,3	15264,7
2001	287,7	4960,3	178,2	2787,7	252,7	4091,3	658,7	15923,4
2002	291,3	5251,6	186,2	2973,9	255,2	4346,5	795,0	16718,4
2003	289,2	5540,8	179,2	3153,1	251,8	4598,3	848,7	17567,1
2004	289,6	5830,4	171,4	3324,5	254,2	4852,5	943,3	18510,4

2005	293,0	6123,4	174,0	3498,5	257,8	5110,3	1006,3	19516,7
2006	293,1	6416,5	168,8	3667,3	255,3	5365,6	882,5	20399,2
2007	287,9	6704,4	158,8	3826,1	251,2	5616,8	843,1	21242,3
2008	283,7	6988,1	147,1	3973,2	244,7	5861,4	1170,0	22412,3
2009	290,8	7278,9	155,2	4128,5	257,7	6119,1	744,1	23156,4
2010	290,7	7569,7	147,0	4275,5	261,8	6380,9	997,4	24153,8
2011	289,9	7859,6	153,0	4428,5	248,0	6628,9	1345,4	25499,2
2012	280,8	8140,4	148,1	4576,6	248,4	6877,3	891,7	26390,9
2013	277,6	8418,0	134,4	4711,0	241,8	7119,1	878,0	27268,9

Resultados

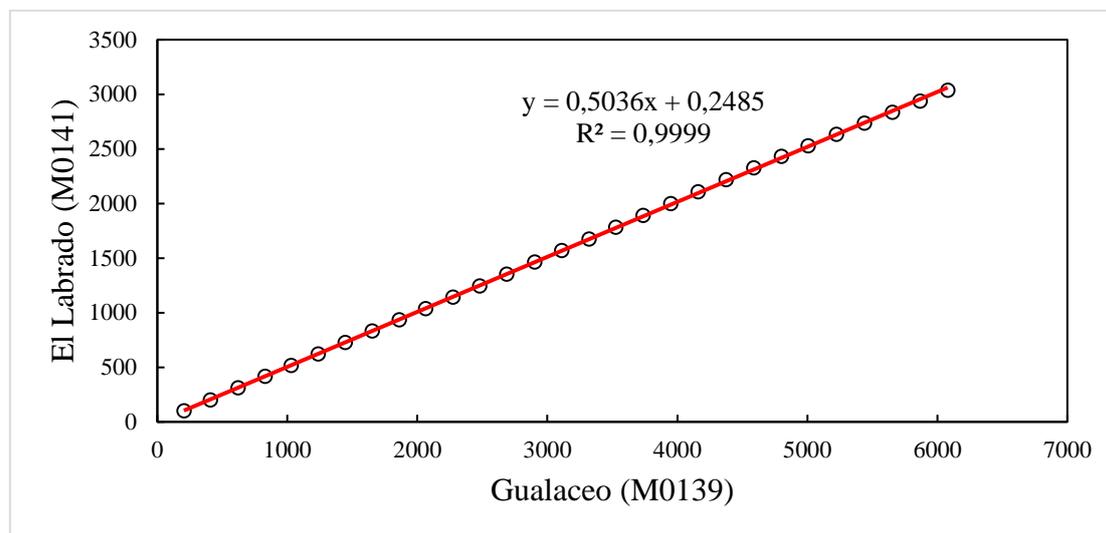
Resultados obtenidos prueba de Rachas

Estación	NA	NS	Homogeneidad
Para la Precipitación			
(55 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	13	SI
Cumbe (M0418)	14	13	SI
Ricaurte (M024)	14	15	SI
Para la Temperatura mínima			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	13	SI
El Labrado (M0141)	11	12	SI
Saraguro (M0142)	10	11	SI
Para la Temperatura media			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	12	SI
El Labrado (M0141)	14	13	SI
Saraguro (M0142)	11	10	SI
Para la Temperatura máxima			
(171 datos rellenados)			
Gualaceo (M0139)	14	18	SI
El Labrado (M0141)	11	9	SI
Saraguro (M0142)	10	11	SI

Fuente: Autoras

Como se puede observar en la gráfica de dispersión (Fig. 14), los datos anuales de temperatura media acumulada de las estaciones Gualaceo – El Labrado, obtuvieron un coeficiente de correlación de 0,99, cuyo valor al ser próximo de la unidad, se puede estipular que los datos cumplen con la validación de homogeneidad.

Figura 16: Curva de doble masa estaciones Gualaceo – El Labrado.



Fuente: Autoras

E.Series de datos climáticos

1. Precipitación: estación Gualaceo (M0139)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	95,4	17,0	26,4	82,0	49,4	26,6	26,0	23,0	34,4	57,0	34,2	62,9	534,3	44,5
1986	56,8	45,8	50,8	43,5	39,6	9,3	27,0	28,4	41,0	82,2	89,4	44,2	557,9	46,5
1987	28,7	47,4	176,4	133,1	70,6	0,0	45,2	16,4	0,0	0,0	43,9	22,0	583,7	48,6
1988	0,0	118,6	41,1	200,8	98,2	38,4	29,2	27,5	37,9	105,7	106,7	85,7	889,8	74,2
1989	79,5	114,8	213,7	23,5	34,6	51,2	36,2	8,5	26,8	126,5	48,7	55,1	819,1	68,3
1990	73,5	88,9	56,8	56,8	22,3	32,9	41,5	22,7	21,1	114,4	81,1	85,9	697,9	58,2
1991	84,2	40,4	80,2	47,0	42,6	45,8	32,1	21,0	56,3	45,2	101,7	39,3	635,7	53,0
1992	28,6	57,6	86,3	53,2	27,6	49,3	14,6	11,2	33,5	8,2	90,3	70,3	530,7	44,2
1993	13,4	77,5	183,8	80,0	41,0	10,3	40,6	23,2	1,8	90,9	39,7	141,7	743,8	62,0
1994	83,7	16,9	118,0	109,0	0,0	53,3	73,5	47,5	18,7	136,4	114,7	54,7	826,4	68,9
1995	5,0	54,5	27,0	74,8	71,5	35,3	38,1	3,9	10,6	46,2	104,5	95,2	566,6	47,2
1996	127,1	146,0	130,2	108,9	84,3	70,4	40,8	38,3	58,7	116,8	30,3	28,4	980,3	81,7
1997	118,4	48,9	64,4	43,1	44,3	52,8	25,3	18,6	68,9	57,7	133,2	103,1	778,7	64,9
1998	35,6	69,1	110,6	112,4	106,6	21,7	59,8	14,8	2,8	105,7	144,2	9,7	793,0	66,1
1999	74,7	167,0	193,0	76,9	104,9	45,7	41,0	27,4	91,3	73,1	73,8	116,6	1085,5	90,5
2000	59,1	128,1	94,0	122,9	123,0	69,3	20,5	24,7	117,7	66,2	48,1	118,4	991,9	82,7
2001	43,1	50,0	47,4	79,5	67,3	67,4	11,8	22,2	50,3	60,7	108,5	54,8	663,0	55,3
2002	61,4	78,9	60,3	84,0	102,7	31,6	22,7	15,2	7,5	103,0	85,3	87,0	739,6	61,6
2003	48,0	24,3	103,9	99,5	44,4	47,3	23,3	7,4	53,7	100,6	90,5	49,1	692,0	57,7
2004	26,4	96,1	65,6	112,6	73,6	33,7	25,1	13,4	81,0	43,2	152,8	84,3	807,8	67,3
2005	65,2	91,2	172,9	95,8	26,4	57,1	14,4	12,1	16,9	116,0	44,3	153,0	865,3	72,1
2006	100,0	152,4	81,7	119,7	26,6	44,2	10,0	24,5	23,6	98,6	116,3	117,8	915,4	76,3
2007	56,6	10,3	74,5	130,1	68,0	87,9	14,4	60,0	41,5	113,0	100,5	90,9	847,7	70,6
2008	82,9	157,7	151,0	116,2	130,0	53,8	21,2	43,0	41,2	125,8	158,1	88,2	1169,1	97,4

2009	131,8	36,9	93,7	183,9	69,8	31,4	18,7	17,7	9,8	60,0	43,8	42,3	739,8	61,7
2010	15,1	75,4	36,4	107,3	87,1	96,3	79,0	37,6	33,7	72,9	175,4	140,8	957,0	79,8
2011	134,8	130,1	90,7	154,3	76,0	53,9	103,8	28,8	50,9	66,4	201,2	363,3	1454,2	121,2
2012	105,0	118,8	100,8	161,0	55,9	47,7	34,8	17,2	7,6	147,5	91,4	72,2	959,9	80,0
2013	30,8	117,2	42,6	24,8	94,8	55,3	40,4	17,6	27,1	89,5	39,2	53,8	633,1	52,8
Suma	1864,8	2377,8	2774,2	2836,7	1883,1	1319,9	1010,9	673,7	1066,3	2429,4	2691,8	2530,7	808,9	
Promedio	64,3	82,0	95,7	97,8	64,9	45,5	34,9	23,2	36,8	83,8	92,8	87,3		

2. Precipitación: estación Cumbe (M0418)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	24,9	4,6	15,6	39,4	68,3	40,4	19,2	75,5	26,9	47,5	70,7	120,0	553,0	46,1
1986	31,5	53,7	55,6	114,8	66,7	8,3	24,6	33,7	67,1	65,1	93,2	53,6	667,9	55,7
1987	32,8	48,6	77,2	117,5	85,5	46,4	46,4	34,0	65,1	99,5	51,9	28,8	733,7	61,1
1988	108,6	117,1	15,0	163,7	43,7	45,5	49,7	25,5	87,8	123,0	82,2	84,4	946,2	78,9
1989	94,2	105,6	134,3	63,3	52,3	82,4	55,4	14,5	39,0	110,3	53,1	19,1	823,5	68,6
1990	62,6	92,1	45,1	119,1	37,9	45,6	44,4	35,3	37,1	168,9	73,5	43,1	804,8	67,1
1991	97,0	46,3	49,7	56,8	38,6	55,3	40,8	29,8	20,2	60,2	66,3	42,9	603,9	50,3
1992	8,9	49,2	76,5	114,4	57,0	33,7	17,4	17,2	44,4	32,5	43,6	54,1	548,9	45,7
1993	79,4	94,4	216,2	79,2	64,3	31,5	20,7	27,4	15,3	39,8	52,2	111,0	831,4	69,3
1994	53,4	52,6	105,8	93,5	66,9	49,8	35,4	49,7	27,2	19,2	47,5	22,5	623,5	52,0
1995	8,7	18,9	53,2	55,5	101,9	41,2	46,8	8,0	22,0	87,9	131,5	108,8	684,4	57,0
1996	42,6	104,2	70,7	121,4	49,8	24,6	24,9	28,2	29,7	92,1	31,3	64,6	684,1	57,0
1997	63,5	74,9	87,2	70,4	32,3	35,3	24,1	51,9	38,3	79,7	122,3	32,2	712,1	59,3
1998	54,7	75,7	171,0	97,3	137,2	37,5	40,4	7,7	12,4	117,2	43,4	12,7	807,2	67,3
1999	113,8	138,6	183,7	112,4	121,1	64,0	39,1	31,5	105,7	69,7	53,4	130,8	1163,8	97,0
2000	29,1	124,9	95,6	83,1	160,1	38,5	17,6	24,5	97,7	8,1	2,9	61,2	743,3	61,9
2001	80,3	20,1	158,3	69,8	44,7	50,2	20,3	24,1	48,6	33,8	62,2	51,9	664,3	55,4
2002	39,1	34,3	56,2	108,8	111,6	32,4	28,1	10,3	27,2	112,5	62,5	59,0	682,0	56,8
2003	18,9	51,8	93,4	64,1	35,3	75,4	30,3	6,8	37,8	28,2	83,4	100,1	625,5	52,1
2004	39,0	81,7	40,9	97,6	65,5	42,8	28,9	8,7	27,0	38,2	112,2	63,4	646,0	53,8
2005	43,2	128,9	153,7	142,8	35,2	65,0	7,9	10,4	37,0	68,8	13,0	91,2	797,1	66,4
2006	54,6	90,4	92,9	91,0	24,6	40,8	19,0	11,4	39,7	52,4	84,0	71,7	672,5	56,0
2007	29,1	38,7	61,9	114,8	75,4	189,6	18,0	54,9	18,5	72,3	138,3	50,5	862,0	71,8
2008	39,1	126,0	88,3	123,1	61,0	74,3	54,5	39,2	47,8	44,2	31,8	21,8	751,1	62,6
2009	98,5	65,7	34,3	74,9	41,6	51,9	15,5	6,5	38,2	16,0	43,7	64,0	550,8	45,9
2010	23,8	93,4	30,7	22,5	39,8	54,6	26,8	14,3	12,7	31,0	36,3	32,2	418,1	34,8
2011	22,2	52,5	80,5	104,7	48,7	53,9	38,8	62,7	86,1	35,0	49,9	79,0	714,0	59,5
2012	139,8	120,5	64,2	69,0	39,7	37,2	19,3	19,8	106,3	48,1	101,3	86,1	851,3	70,9
2013	58,6	87,7	75,8	52,5	90,6	49,3	43,4	20,2	33,3	92,7	46,4	42,4	693,0	57,8
Suma	1591,9	2193,1	2483,5	2637,5	1897,4	1497,4	897,7	783,7	1296,1	1894,0	1884,0	1803,0	719,3	
Promedio	54,9	75,6	85,6	90,9	65,4	51,6	31,0	27,0	44,7	65,3	65,0	62,2		

3. Precipitación: estación Ricaurte (M0426)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	83,8	24,3	57,6	67,4	56,6	15,7	15,6	21,3	45,4	109,8	115,7	100,9	714,1	59,5
1986	65,9	112,7	120,4	98,8	104,6	5,2	18,5	36,8	51,4	60,7	102,2	64,7	841,9	70,2
1987	35,7	52,9	83	71,7	158,7	8,6	16,6	12,9	28,4	92,1	65,1	19,6	645,3	53,8
1988	134,1	107	64,9	175	91,2	54,7	21,4	26,6	21,3	133,7	140,5	113	1083,4	90,3
1989	129,7	73,4	218,4	73,4	48,3	56,7	78,1	5,9	46,3	184,9	10,1	6,7	931,9	77,7
1990	107,8	106,7	53,5	213,6	43	63,7	22,5	16,2	28,4	205,8	140,8	101,5	1103,5	92
1991	35,8	128	179	84,3	61,9	38,2	25,1	13,8	35,2	56,8	134,5	85,2	877,8	73,2
1992	47,2	96,4	99,6	131,1	48,6	28,5	11,3	6,8	87,7	165,2	67,1	64,5	854	71,2
1993	137,5	152,9	228	157,8	66,6	12,5	36,2	20,7	56	174,7	121,3	121,2	1285,4	107,1
1994	109,1	100,2	156,2	153,1	90,1	32,5	46,6	27,9	58,4	75,8	145,8	49,5	1045,2	87,1
1995	33,7	57,4	60,5	78,7	106	52	44,1	4,8	7,8	73,1	116,6	133,8	768,5	64
1996	71,2	151,9	168,2	152,9	88,5	88	19,6	12,9	51,9	105,4	43,3	42,7	996,5	83

1997	50,3	45,3	88,5	93,7	63,4	93,3	17	6,4	64,3	56,8	92,3	63,1	734,4	61,2
1998	57,9	142,8	155,9	60,2	138,5	29,4	34,3	25	11,1	181,5	85,5	45,3	967,4	80,6
1999	121,2	157,4	167,4	167,8	184,5	69,8	25,1	23,8	82,2	51,6	67,9	129,4	1248,1	104
2000	35,4	159,2	117,3	183,3	196,9	86,1	10	25,5	174,4	19,6	28,3	131,3	1167,3	97,3
2001	74,2	54,5	138	78,5	57,2	31,1	14,6	15,8	27,5	28,2	59,9	79,2	658,7	54,9
2002	28,9	25,7	69,1	111,8	96,2	28,4	25,3	16,2	13,3	180	119,7	80,4	795	66,3
2003	45,3	58,1	86,3	115,8	53,4	36,7	25,1	36,7	48,6	82,3	153,5	106,9	848,7	70,7
2004	37,9	118,1	67,8	129,1	73,3	21,2	31,5	9,7	109,9	45,8	163,3	135,7	943,3	78,6
2005	62,1	65,9	231,9	120,7	61,7	59	11,7	6,5	5,3	105,8	41,4	234,3	1006,3	83,9
2006	34,2	79,5	179,5	134,6	41,2	33	7,6	24,8	20,7	92,6	83,5	151,3	882,5	73,5
2007	41,3	32,6	139,3	188,2	43	83	8,2	38,2	26,8	58,8	107,1	76,6	843,1	70,3
2008	69,3	177,2	95,5	188,7	154,3	42,1	31,5	50,9	48,1	116,3	132,2	63,9	1170	97,5
2009	85,4	40,5	115,6	162,8	63,4	53,7	13,4	8,5	24,7	41	72,3	62,8	744,1	62
2010	29,3	112,6	69,4	112,1	84,2	107,1	93,7	20,6	40,7	28,2	138,3	161,2	997,4	83,1
2011	47,7	219,1	122,6	213,6	61,9	61,2	73,7	22,2	53,4	69,6	153,5	246,9	1345,4	112,1
2012	96	157	116,7	118,7	41,1	60,1	31	12,9	22,1	110,2	75,7	50,2	891,7	74,3
2013	68,1	80,3	98,6	34,4	161,3	34,9	41,2	74,6	16	177,6	46,1	44,9	878	73,2
Suma	1976	2889,6	3548,7	3671,8	2539,6	1386,4	850,5	624,9	1307,3	2883,9	2823,5	2766,7	940,3	
Promedio	68,1	99,6	122,4	126,6	87,6	47,8	29,3	21,5	45,1	99,4	97,4	95,4		

4. Temperatura media: estación Gualaceo (M0139)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	18,2	16,7	18	17,4	17,3	16	15,3	15,8	16,6	17,7	17,3	18,1	204,5	17
1986	17,8	17	17,1	17,5	17,4	15,9	15,1	15,9	16,3	17,6	17,3	18,3	203,3	16,9
1987	18,4	17,8	17,3	17,8	17,5	17,3	17,7	17	17,4	18,4	18,3	19,2	214,1	17,8
1988	18,4	18,6	17,9	17,4	17,5	16,7	15,8	15,4	16,3	17,3	17,5	17,5	206,4	17,2
1989	17,4	16,8	16,6	17,3	16,5	15,7	15	16,1	16,5	17,1	18,1	18,6	201,7	16,8
1990	18	18,1	17,6	17,8	17,3	17	15,7	15,7	17,1	17,8	18	17,5	207,6	17,3
1991	17,9	17,8	18,6	17,3	17,6	17,5	16,6	15,8	16,9	16,4	17,3	17,9	207,6	17,3
1992	17,8	17,4	17,5	17,4	17,9	16,9	15,8	16,9	16,9	17,5	18,4	18,3	208,7	17,4
1993	17,4	16,9	16,7	17,6	17,7	16,9	16,2	16,1	16,7	17,6	18,1	18,6	206,5	17,2
1994	18,3	16,8	15,8	17,7	17,5	16	16	15,1	15,9	17,2	17,4	18,5	202,2	16,9
1995	18,2	18,8	18,3	18	17,1	17	16,6	17,4	16,4	17,8	18,3	17,8	211,7	17,6
1996	17,8	17	17,7	17,7	16,8	16,8	15,2	15,6	16,2	17,1	17,9	18,1	204	17
1997	18	17,5	18	17,3	17,2	17,5	15,3	16,3	17,4	18,6	17,7	18,7	209,5	17,5
1998	18,5	19,2	18,5	19	17,5	17,2	15,7	16,8	17,4	17,6	18,7	18,5	214,6	17,9
1999	18,5	17,3	17,3	17	17,2	17,7	16	15,8	16,6	17,5	18,4	18,2	207,5	17,3
2000	18,2	17,6	17,5	17,7	17,4	17,1	16,7	16,2	16,8	17,6	18,5	18,5	210	17,5
2001	17,3	17,4	17,5	17,2	17,5	15,9	16,6	15,5	16,5	18,7	18,6	18,4	207,1	17,3
2002	18,2	18,2	17,7	17,5	17,4	16,1	17,1	16,1	17,3	17,7	17,5	19	209,8	17,5
2003	18,2	18,6	18,1	17,9	17,6	16,8	15,9	16,8	17	18,1	18,1	18,4	211,5	17,6
2004	18,9	18,2	18,4	18	17,9	16,5	16,8	15,6	16,1	18,6	18,4	19	212,4	17,7
2005	19,2	18,7	18,1	17,9	17,9	17,4	16,5	16,6	17,8	17,9	18,3	17,8	214,1	17,8
2006	18,6	18,6	18,2	17,7	17,7	16,8	16,7	16,5	17,5	18,6	18,3	18,3	213,5	17,8
2007	19,4	19,1	18,1	18	18	16	17,2	16,1	15,6	17,5	18,3	17,9	211,2	17,6
2008	18,4	17,4	17,3	17,5	17,2	16,8	16,3	16,3	17	17,6	17,8	18	207,6	17,3
2009	18	17,8	18,2	17,7	17,7	17,5	17,2	17,2	17,8	18,6	19,5	19,8	217	18,1
2010	19	19,6	19,7	19	18,7	17,1	17,4	15,4	16,6	18,2	17,8	17,7	216,2	18
2011	18	18,3	17,9	17,4	17,3	17,4	16,1	16,9	16,3	18	18,1	23,7	215,4	18

2012	18,4	17,8	17,9	18	17,2	17,2	16,3	16,1	16,9	17,9	18,8	18,4	210,9	17,6
2013	18,6	18	18,4	18	18,2	17,5	16,1	16,3	16,6	18	18,1	18,7	212,5	17,7
Suma	529,1	519,1	516	513,7	507,7	488,2	471	469,3	486,4	516,2	524,8	537,4	209,6	
Promedio	18,2	17,9	17,8	17,7	17,5	16,8	16,2	16,2	16,8	17,8	18,1	18,5		

5. Temperatura media: estación El Labrado (M0141)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	9,2	7,9	8,9	8,8	8,4	7,2	6,3	7	8,3	9,6	9,3	9,1	100,0	8,3
1986	9,1	8,9	8,7	9,2	9,1	7,4	6,2	7,7	7,6	9	9,3	9,4	101,6	8,5
1987	9,6	8,9	9,3	9,3	8,9	8,6	8,1	7,9	8,8	10,1	10	9,8	109,3	9,1
1988	9,6	9,8	9,3	9,1	9,1	8,5	7	7,2	8,6	9,3	9,1	8,9	105,5	8,8
1989	8,5	8,3	8,2	8,8	8	7,9	7	7,5	8,1	8,4	9,7	9,9	100,3	8,4
1990	9,2	9,5	9	9,1	8,6	7,9	7,3	6,9	8,5	9,6	9,3	9,3	104,2	8,7
1991	9,2	9,2	9,5	8,9	9,1	8,2	7,8	7,4	8,4	8,6	9,3	10,1	105,6	8,8
1992	9,6	9,3	9,3	8,9	9	7,9	6,5	7,7	8,4	9,1	9,3	9,3	104,3	8,7
1993	9,2	8,8	8,5	9,2	9,3	8,2	7,4	7,4	7,9	8,8	9,5	9,8	104,0	8,7
1994	8,9	8,8	9	9,1	8,9	7,5	7	6,3	7,6	8,8	9,4	9,6	100,9	8,4
1995	9,2	9,5	9,3	9,5	9,1	8,1	7,6	8	7,9	9,1	9,5	9	105,8	8,8
1996	9	8,5	9	9,2	8,9	8,1	7	7,2	7,9	9,2	9,8	9,3	103,1	8,6
1997	9,4	9	9,5	9,2	8,6	9,2	7,1	7,4	8,7	9,4	9,3	9,9	106,7	8,9
1998	9,9	10,1	10,5	10,8	9,9	8,5	7,3	8,4	9,1	9,1	10,3	9,7	113,6	9,5
1999	9,1	9	9,2	8,6	8,3	8,4	7	7,8	8,5	8,6	10,1	8,9	103,5	8,6
2000	9,3	8,8	8,6	9,2	8,6	8,5	8	7,6	8,4	8,8	10,4	9,4	105,6	8,8
2001	8,8	9,1	9,4	8,6	9,8	8,5	8,4	8	8,5	9,5	9,5	9,3	107,4	9,0
2002	9,7	9,3	9,8	9,5	9,1	8,5	8,9	8,5	8,6	9,1	9	9,6	109,6	9,1
2003	9,4	9,2	9,3	9,3	9	8,6	7,3	8,2	8,5	10	9,7	9,6	108,1	9,0
2004	10,6	9,8	9,6	9,5	9,4	7,5	7,5	7,1	7,9	9,7	10,4	10,1	109,1	9,1
2005	9,9	10,1	9,7	9,4	9,5	8,6	8,2	7,7	8,7	9,7	9,7	9,3	110,5	9,2
2006	9,6	9,5	9,3	9,2	8,7	8	7,6	7,6	8,5	10	9,9	9,6	107,5	9,0
2007	10,1	9,9	9,3	9,4	9,3	7,1	7,9	7,3	7,2	9,1	9	8,9	104,5	8,7
2008	9,1	8,5	8,1	8,5	8,1	7,4	6,9	7,2	7,7	8,5	8,8	8,7	97,5	8,1
2009	8,6	8,8	9,3	9,1	8,9	8,1	7,7	7,7	8,9	9,3	9,5	9,1	105,0	8,8
2010	8,9	9,1	9,1	9,2	9,1	8,1	8,2	7,5	8,4	8,7	8,4	8,6	103,3	8,6
2011	8,6	8,5	8,3	8,5	8,6	8,3	7,3	7,8	7,4	8,7	8,9	8,8	99,7	8,3
2012	8,7	8,4	8,1	8,4	8,5	8	7,8	7,4	8,3	8,8	9	8,7	100,1	8,3
2013	8,5	8,7	8,9	8,4	8,4	7,9	7,3	7,4	7,8	8,3	9	8,5	99,1	8,3
Suma	268,5	263,2	264,0	263,9	258,2	234,7	215,6	218,8	239,1	265,0	274,4	270,2	104,7	
Promedio	9,3	9,1	9,1	9,1	8,9	8,1	7,4	7,5	8,2	9,1	9,5	9,3		

6. Temperatura media: estación Saraguro (M0142)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	12,9	12,8	12,9	13,2	13,1	12,7	12,3	12,7	13,1	13,3	13,2	13,1	155,3	12,9
1986	13	13	13	13,4	13,5	13	12,5	13	12,9	13,4	13,3	13,5	157,5	13,1
1987	13,3	13,2	13,2	13,3	13,4	13,9	13,7	13,6	14,3	14,2	13,9	14,1	164,1	13,7
1988	13,8	13,9	13,8	14	14,3	13,9	12,9	13,9	14	14,1	13,7	13,6	165,9	13,8
1989	13,7	13,5	13,3	13,9	13,6	13,5	13,1	13,4	14	13,7	14,1	14	163,8	13,7
1990	13,9	15,0	14,3	14,7	14,6	15,1	13,1	12,7	13,3	13,4	14,5	14,4	169,0	14,1
1991	14,8	15,2	14,8	14,5	15,3	14,7	13,9	12,7	13,8	14,7	14,9	15,2	174,5	14,5
1992	15,3	15,1	15	14,3	14,3	13,9	13,5	12,7	13,4	14,8	13,3	14,3	169,9	14,2
1993	13,2	13,1	12,5	14,7	14,9	14,6	13,2	13,6	13,9	15,1	15,3	14,9	169,0	14,1
1994	14,5	15,3	15,5	15	15,4	15	13,1	11,9	12,9	14,4	14,2	16	173,2	14,4
1995	15,9	15,8	16	16,2	15,8	14,6	14,1	14,8	14,8	15,1	15,4	14,7	183,2	15,3
1996	14,4	14,8	15,2	15	14,3	13,6	12,6	14,9	14,3	14,7	14,3	14,9	173,0	14,4
1997	14,5	14,3	14,4	14,6	14,2	14,7	14,4	14,1	14,4	15,3	14,7	15,6	175,2	14,6

1998	14,9	15,8	15,6	15,9	15,4	14,6	14,8	15	14,5	14,9	15,5	14,9	181,8	15,2
1999	14,7	14,7	15,1	15,2	14,7	15,4	14,1	14,2	14,7	14,8	15,5	14,3	177,4	14,8
2000	14,5	14,5	14,7	15,1	15	14,9	14,2	14,0	14,4	14,7	15,1	14,8	175,8	14,7
2001	13,8	14,9	15,1	15,1	15,2	14,4	14,5	13,5	14,9	15,7	15,2	15,6	177,9	14,8
2002	15,6	15,5	15,9	15,5	15,4	14,3	14,5	14,9	15,4	14,7	14,3	15,9	181,9	15,2
2003	15,4	15,8	15,6	15,8	15,3	15,1	13,6	14,5	14,9	15,8	15,6	15,4	182,8	15,2
2004	14,9	15,8	16,1	15,8	15,7	14,3	14,7	14,1	14,5	15,1	15,6	15,3	181,9	15,2
2005	15,3	15,7	15,6	15,9	15,2	15,2	14,2	14,5	15	15,2	14,7	14,4	180,9	15,1
2006	15,0	15,7	15,5	15,2	14,8	14,5	14,4	14,8	15,1	15,2	15,1	15,5	180,8	15,1
2007	16,1	15,1	15,3	15,6	15,1	14,1	14,5	14,1	14,2	14,4	14,8	14,5	177,8	14,8
2008	14,8	14,3	15	14,8	14,6	14,5	14,1	13,5	13,8	14,7	15,2	15,3	174,6	14,5
2009	15,4	15,4	15,6	15,5	15,5	15,2	14,8	15	15,5	15,9	15,6	16	185,4	15,5
2010	15,9	16,4	16,6	16,4	16,3	15,2	15,1	14,5	15,2	15,6	14,8	15	187,0	15,6
2011	15,3	15,2	15,0	15,8	14,9	15,3	13,7	14,2	13,6	14,9	16,1	15,7	179,7	15,0
2012	15,6	15,5	15,5	15,9	14,5	14,8	13,9	13,7	14,3	16,3	15,3	14,6	180,0	15,0
2013	15,0	14,9	16,5	16,8	17	15,0	13,7	13,7	13,9	14,9	14,8	14,6	180,9	15,1
Suma	425,4	430,2	432,6	437,1	431,3	420,0	401,3	402,2	412,9	429,0	427,9	430,2	175,2	
Promedio	14,7	14,8	14,9	15,1	14,9	14,5	13,8	13,9	14,2	14,8	14,8	14,8		

7. Temperatura mínima: estación Gualaceo (M0139)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	10,6	11,4	12,4	11,1	10,7	9,7	8,1	9,2	9,2	11,3	9,0	9,5	122,1	10,2
1986	10,8	11,6	11,6	11,8	10,8	10,1	8,6	9,3	9,1	10,2	8,9	10,1	122,9	10,2
1987	11,8	11,1	11,4	12	9,7	8,7	10,5	9,4	9,6	11,8	10,7	11,8	128,5	10,7
1988	11,7	12,8	11,9	12,2	12	10,7	9,0	9,3	10,3	12,2	12,4	11,2	135,7	11,3
1989	11,9	11,3	11,3	12,3	11,5	10,7	8,9	9,9	9,9	11,6	10,9	10,1	130,3	10,9
1990	12,6	12,3	12	12,3	11,4	11,5	9,5	9,4	10,3	12,2	12,5	10,9	136,9	11,4
1991	12	11,8	12,9	11,4	11,8	11,4	9,9	9,1	8,9	8,3	11,1	9,4	128,0	10,7
1992	9,3	8,9	9,3	9,2	9,9	9,9	8,1	8,7	9	9	10,6	10,7	112,6	9,4
1993	10,1	11,7	10,2	11,8	11,0	10,3	9,1	9,1	9,1	11,4	10,7	10,8	125,2	10,4
1994	10,2	9,7	10	11,7	11,3	9	8,7	8,7	7,9	8,1	7,8	8	111,1	9,3
1995	8,1	9,7	10,2	12,2	12,2	11,1	9,6	9,4	9,7	11,2	12,6	11,2	127,2	10,6
1996	11,6	11,9	11,6	11,7	11,7	10,7	9,1	10	10	11	9,1	11,9	130,2	10,9
1997	11,6	12	11,6	11,7	11,8	10,9	9,9	8,9	10,6	11,8	12,6	12,7	136,1	11,3
1998	13	13,5	13,5	13,6	11,9	11,4	10,9	10,4	9,2	11,3	12	9,9	140,6	11,7
1999	12,4	12,5	12,2	12,6	12,6	12,3	9	8,1	9,5	9,9	11,2	12,2	134,5	11,2
2000	11,4	10,8	11,3	11,7	11,6	10,7	9,9	9,2	9,3	10,6	10,7	11,3	128,6	10,7
2001	11,5	12,3	11,9	11,9	11,6	9,8	9,9	8,9	9,4	11,5	11,9	11,9	132,5	11,0
2002	12	11,9	11	10,7	11,3	9,8	10	9,5	9,5	10,8	11,9	13	131,4	11,0
2003	11,8	12,9	11,8	12,1	12,4	11	9,8	9,8	9,9	11,6	10,4	12,1	135,6	11,3
2004	9,8	11,7	13	11,8	11,8	10,8	10,5	8,3	9,6	11,8	11,5	11,6	132,2	11,0
2005	10,5	12,8	12,7	12,5	10,9	11,3	8,7	8,8	9,7	11,7	10,2	11,3	131,1	10,9
2006	12,1	12	12,4	11,7	10,8	10,9	10,2	9,2	9,6	10,1	11,8	12,1	132,9	11,1
2007	12,4	10,8	11,1	11,8	10,7	9,8	8,5	8,7	7,9	9,7	11	10,5	122,9	10,2
2008	12,1	12,2	11,6	11,5	11,9	10,2	10,5	9,6	9,8	11,6	11,4	11,4	133,8	11,2
2009	12,3	11,8	11,9	11,9	11,3	11	10,6	9,8	9,3	11,1	9,6	12	132,6	11,1
2010	10,4	12	12,1	12,1	12,1	10,9	10,1	7,8	7,4	10	9,3	10,1	124,3	10,4
2011	9,9	10,6	9,9	11,1	9,7	10,1	9,7	9,7	9,6	10,9	10,4	20,2	131,8	11,0
2012	11,7	11,7	11,5	11,5	10,8	10,2	8,9	7,5	8,1	10,4	11,1	9,7	123,1	10,3
2013	12	11,6	11,4	10	11,2	10,8	9,6	9,4	8,6	10,3	8,8	10,8	124,5	10,4
Suma	327,6	337,3	335,6	339,9	328,3	305,7	275,9	265,1	270,0	313,4	312,2	328,3	128,9	
Promedio	11,3	11,6	11,6	11,7	11,3	10,5	9,5	9,1	9,3	10,8	10,8	11,3		

8. Temperatura mínima: estación El Labrado (M0141)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	4,2	4	4,7	4,8	4,6	4,5	3	3,9	4,6	5,3	3,6	4,6	51,8	4,3
1986	5,3	4,7	4,6	6	5,5	4,4	3,4	4,4	5	5,8	4,8	5,4	59,3	4,9
1987	5,9	6,2	5,4	6	5,6	4,8	5,1	4,9	5,5	5,6	5,5	5,4	65,9	5,5
1988	5,7	6,2	5,3	5,8	5,8	4,4	3,3	3,6	4,6	5,2	6	4,3	60,2	5,0
1989	5,1	5,3	4,3	5,7	5	4,9	3,1	3,8	4,4	5,1	5,1	3,7	55,5	4,6
1990	5,4	4,9	5,5	6	5,6	5,3	3,7	3,4	3,9	5,4	5,5	4,8	59,4	4,9
1991	4,5	5,3	6,1	5,4	6,5	4,2	5,1	3,6	4,2	0,8	1,9	1,2	48,8	4,1
1992	2,2	1,9	3,8	5,1	5,7	4,4	3,1	4,3	4,2	3,3	4,7	4,4	47,1	3,9
1993	4,6	4,9	4,8	5,3	5,4	4,6	3,7	3,6	5,2	5,5	5,1	5,4	58,0	4,8
1994	5,1	5,2	5,9	5,7	5,2	4,6	3,7	3,4	3,7	2,9	4,4	3,8	53,6	4,5
1995	3,5	3,7	4,1	4,7	4,8	4,3	3,9	2,5	4	5	5,3	4,3	50,1	4,2
1996	3,5	3,6	4,6	4,9	5,2	4,5	3,1	3,2	3,6	3,9	3	3,9	47,0	3,9
1997	3,1	3,9	4,4	4,5	4,7	3,3	3,1	2,4	3,4	3,9	4,5	4,9	46,1	3,8
1998	4,8	5	5,2	5,5	4,7	3,8	3,5	3,7	3,2	4,8	4	3,3	51,5	4,3
1999	3,9	4,1	4,2	4,1	3,4	4,2	2,4	1,6	2,2	2,8	4,7	3,1	40,8	3,4
2000	4,6	2,2	3,7	4,6	4,9	4	4,1	3,9	4,1	4	4,1	4,2	48,4	4,0
2001	3,1	3,9	3,8	2,5	5,1	2,6	3,5	3,5	4,1	4,4	4,8	4,5	45,8	3,8
2002	4,8	4,3	4,4	5,2	5,4	3,8	4,7	3,7	4,1	4,3	4	3,9	52,6	4,4
2003	3,8	4,4	3,8	4,4	4,1	3,9	3,3	3,1	3,8	4,6	3,6	4,4	47,2	3,9
2004	2,7	4,4	5,3	4,4	4,7	4,1	4,2	1,5	2,8	4,2	4,4	3,3	46,0	3,8
2005	4,2	6,8	6,6	6,3	5,4	5	3,4	3,1	4	4,5	3,7	3,6	56,6	4,7
2006	4	4,2	4	3,7	3,6	4,2	3,6	3,9	3,7	4	4,6	4,3	47,8	4,0
2007	4	2,2	1,5	1,5	1,3	4,1	3,6	4	4	4,3	5,1	4,9	40,5	3,4
2008	5,3	4,8	4,9	5,4	5,4	4,8	5	4,8	4,7	5,6	5,6	5	61,4	5,1
2009	6,2	5,7	4,5	5,6	5,0	5,4	5	5,3	4,1	4,7	4,6	4,5	60,6	5,1
2010	4,2	4,4	4,4	4,7	4,8	4,4	4,2	3,6	4,6	4,0	5,8	6,3	55,2	4,6
2011	5,2	5,6	5,1	5,8	5,8	4,3	4,9	4,4	5,2	4,6	4,9	5,2	61,0	5,1
2012	5,9	6,1	4,5	5,9	5,1	4,4	5,2	4,9	5,5	6,3	6,4	6,4	66,5	5,5
2013	6,6	6,3	5,7	5,4	6	5,4	4,2	4,3	5,6	6	6,2	6	67,7	5,6
Suma	131,4	134,2	135,1	144,9	144,3	126,5	112,0	106,2	122,1	130,8	135,8	129,0	53,5	
Promedio	4,5	4,6	4,7	5,0	5,0	4,4	3,9	3,7	4,2	4,5	4,7	4,4		

9. Temperatura mínima: estación Saraguro (M0142)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	3,7	3,6	3,4	3,4	3,8	3,6	3,3	3,5	3,9	4	4,4	4,9	45,5	3,8
1986	5,4	4,8	5,2	5,3	5,3	5,2	4,9	5,3	5,1	5,3	5,2	5,4	62,4	5,2
1987	5,2	5,2	5,2	5,2	5,9	7,4	7,3	7,2	7,6	7,4	7,2	7,3	78,1	6,5
1988	7,1	7,3	7,1	7,4	7,4	7,3	6,4	7,2	7,4	7,3	7,1	6,8	85,8	7,2
1989	7	6,9	6,5	7,3	7,1	7	6,5	6,9	7,4	7,2	7,3	7,2	84,3	7,0
1990	7,3	7	6,3	6,6	8,9	6,3	8,2	8,1	8,4	8,0	10,4	10,2	95,7	8,0
1991	10,7	10,5	9,8	10	11,1	10,3	9,5	8,8	9,2	9,7	9,3	8,9	117,8	9,8
1992	9,4	9,1	9,4	8,8	8,9	8,6	5,8	8,6	8	8,3	7,2	8,2	100,3	8,4
1993	7,3	6,9	6,5	7,3	6,9	6,6	6,7	6,9	7,8	9,2	8,5	7,7	88,3	7,4
1994	8	9,2	9,2	9	8,8	8,1	7,1	6,7	6,8	8,5	8,2	9,7	99,3	8,3
1995	9	8,4	8,2	8,9	7,9	9,0	8,3	6,5	7,5	7,2	9	7,6	97,6	8,1
1996	9,9	10,8	10,5	10,7	9,7	10	7	9,7	9,8	9,3	7,3	10,3	115,0	9,6
1997	8,8	10,9	10,2	10,3	10,3	8,9	9,8	9,6	9,5	10,2	10,4	11,5	120,4	10,0
1998	11,4	9,7	9,6	8,7	11,3	10,2	10	9,7	8,6	10,3	10,5	8,3	118,2	9,9
1999	10,4	11,4	10,8	11,1	10,3	9,8	9,3	7,3	9,3	9,2	9,5	10,8	119,2	9,9
2000	10	10,3	11	10,9	10,7	10	9,4	8,0	8,2	8,8	8,5	9,0	114,8	9,6
2001	9,4	10,7	9,9	10,3	9,9	9,6	9,9	8,6	8,3	9,8	9	10,1	115,5	9,6
2002	10,3	10,7	10,9	10,7	10,8	10,2	10,6	8,2	8,8	9,3	10,4	11,4	122,3	10,2
2003	10	10,3	9,9	11,4	11,1	10,1	8,7	9,7	9,1	10,5	9,4	10,9	121,1	10,1
2004	8,3	9,8	11,5	10,6	10,3	8,3	8,3	7,4	7,7	8	6,6	6	102,8	8,6
2005	7	9,6	9,1	9,3	7,7	8,5	7,7	7,8	9,6	9,8	7,9	10	104,0	8,7

2006	11,6	11,4	11,4	10,4	9,7	9,8	9,9	10,3	9,5	9,4	10	11	124,4	10,4
2007	12,1	10,7	11	11,7	11,2	11	9,5	9,5	10,3	9,3	10,3	8,4	125,0	10,4
2008	8,1	7,2	6,4	7,2	8,9	9,6	9,9	8,3	7,7	7,9	10	10,4	101,6	8,5
2009	11,4	11,6	11,2	11,4	10,5	10,4	10,6	10,5	10,4	9,8	8,7	9,6	126,1	10,5
2010	10,9	11,6	11,3	10,3	10,6	8,8	8,7	7,6	8,3	9	8,2	9,8	115,1	9,6
2011	10,4	9,8	8,6	10,2	9,6	9,5	8,5	8,3	7,2	8,5	9,8	10,6	111,0	9,3
2012	11,5	10,8	10,6	10,1	9,1	8,6	7,2	6,9	7,0	8,6	8,7	8,8	107,9	9,0
2013	8,3	9,1	11,2	11	12,1	8,9	8,3	8,1	6,9	7,7	8,6	8,8	109,2	9,1
Suma	259,9	265,3	261,8	265,5	265,8	251,7	237,3	231,3	235,3	247,6	247,6	259,6	104,4	
Promedio	9,0	9,1	9,0	9,2	9,2	8,7	8,2	8,0	8,1	8,5	8,5	9,0		

10. Temperatura máxima: estación Gualaceo (M0139)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	25,8	24,3	25,7	24,9	23,7	22,7	23,2	22,2	24	26,1	25,8	26,5	294,9	24,6
1986	25,6	23,9	24	23,8	24,2	22,7	22,0	22,5	23,0	24,3	24,9	25,7	286,5	23,9
1987	25,6	23,9	24,5	24,2	24,6	24,9	24,9	24,7	24,9	26,4	26,8	27,2	302,6	25,2
1988	25,9	25,7	24,6	24,5	24,1	23,9	22,1	23,1	23,7	24,6	24,1	25,6	291,9	24,3
1989	24,1	23,6	23,6	24,1	22,6	21,8	22,2	23,3	24,2	23,9	25,9	28	287,3	23,9
1990	25,3	25,9	24,8	25	24,6	23,5	23,3	22,3	24,8	25,4	25,4	25,6	295,9	24,7
1991	25,4	24,5	25,9	24,2	24,6	23,3	22,8	22,4	23,7	25,0	25,3	25,6	292,6	24,4
1992	25,4	24,5	24,4	24,2	23,8	22,7	22,7	23,3	23,8	25,0	25,1	26,3	291,1	24,3
1993	25,6	23,9	23,7	24,2	23,8	23,2	22,3	22,9	23,6	25,0	25,3	25,6	289,1	24,1
1994	26,4	23,7	22,2	24,2	23,9	21,8	22,6	21,5	22	24,8	24,2	25,6	283,0	23,6
1995	25,7	27,3	26,2	25	23,5	24,1	24,4	25,7	23,4	25,8	25,4	25,4	301,9	25,2
1996	25,2	23,4	24,5	24,2	23,1	23,1	21,6	21,9	23	24,7	26,4	25,8	286,8	23,9
1997	26,2	23,7	25,3	24,5	23,6	25,5	21,8	22,8	25,1	26,9	24,7	25,9	296,0	24,7
1998	25,2	26,2	24,9	25,4	24	23,1	21,1	23,5	25,6	25,1	26,1	26,6	296,8	24,7
1999	25,4	23,2	24,2	22,2	22,1	22,9	21,9	23,3	22,8	25,0	25,4	25,9	284,3	23,7
2000	25,3	24,5	24,4	24,2	23,9	23,6	23,0	22,9	23,9	25,1	25,4	25,6	291,9	24,3
2001	24,2	23,6	24,4	24	24,6	22	23,1	21,9	23,1	26,1	25,9	24,8	287,7	24,0
2002	25,9	24,8	24,2	24,3	24,5	22,3	23,7	23,4	24,7	24,2	23,7	25,6	291,3	24,3
2003	25	25,2	24,3	24,6	23,4	22,6	21,9	23,3	23,7	25,1	25,4	24,7	289,2	24,1
2004	27,1	24,7	23,9	24,6	23,7	21,9	22,6	21,6	22,3	25,3	25,9	26	289,6	24,1
2005	26,8	24,5	24,2	23,8	24,8	23,2	23,2	22,7	24,5	24,7	25,8	24,8	293,0	24,4
2006	25,4	25,1	24,7	24,1	24,4	23,3	23,1	23,1	24,2	25,7	25,2	24,8	293,1	24,4
2007	25,5	26	24,4	24	24,2	20,9	24,3	22,4	21,4	24,9	25,2	24,7	287,9	24,0
2008	24,9	23,7	23,8	24,1	22,9	23,1	21,9	22,6	23,6	23,8	24,3	25	283,7	23,6
2009	23,9	23,8	25,4	24	23,6	23,3	22,8	23,5	24,8	25,2	25,4	25,1	290,8	24,2
2010	25,3	24,9	24,5	24,3	24,0	22,5	23,6	23,3	24,1	25,2	25,4	23,6	290,7	24,2
2011	24,7	24,6	24,9	23,3	23,4	23,4	21,6	23	21,6	25,3	25,4	28,7	289,9	24,2
2012	24,4	24,2	23,5	23,7	23	23	22,1	22,3	22,1	23,6	24,5	24,4	280,8	23,4
2013	22,9	22,7	23,7	24	23,9	22,9	20,8	21,6	21,8	23,8	25	24,5	277,6	23,1
Suma	734,1	710,0	708,8	701,6	690,6	667,1	656,6	663,0	683,3	726,0	733,2	743,6	290,3	
Promedio	25,3	24,5	24,4	24,2	23,8	23,0	22,6	22,9	23,6	25,0	25,3	25,6		

11. Temperatura máxima: estación El Labrado (M0141)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	14,9	12,3	14,1	13,6	11,9	10,3	9,2	10,6	12,4	15	14,2	14,6	153,1	12,8
1986	13,8	14	13,2	13,5	13,4	10,6	9,2	10,9	11	12,7	14,2	14,1	150,6	12,6
1987	13,9	12,6	13,6	13,1	12,9	12,7	11,1	11,3	12,6	14,8	15	14,7	158,3	13,2
1988	14,4	14,3	13,8	13,3	12,8	13	10,1	12,3	13,4	13,7	13,2	14,2	158,5	13,2
1989	12,5	12,3	12,6	12,6	11,5	11,2	10,5	11,8	12,7	12	14,8	16,4	150,9	12,6
1990	13,6	15,4	13	13,3	12,3	10,9	11,2	9,8	13,9	13,9	14	14	155,3	12,9
1991	14,4	13,7	14	13,4	13,3	13,1	10,8	11,8	13,6	13,3	14,3	15,4	161,2	13,4
1992	15	14	13,2	13,7	13,3	11,4	12	14,4	13,9	14,2	14,5	14,9	164,6	13,7
1993	14,8	13,6	14,0	13,9	13,5	12,9	12,1	11,9	13,0	13,4	15,2	14,6	162,8	13,6
1994	13,4	14,1	14,3	13,5	13,7	11,9	11,3	9,8	12	14,3	13,7	14,7	156,7	13,1
1995	14,4	14,9	15	14	13,2	13,2	12,5	13,6	13	14,5	14,6	16	168,9	14,1
1996	14,3	13,3	14,2	13,9	12,9	12,4	10,9	11,5	12,4	13,8	17	15,8	162,6	13,5
1997	15,6	14,9	16,8	15,3	13,9	15,2	10,9	12,8	14,3	15,3	14,1	14,7	173,8	14,5
1998	15,6	16,1	16,4	16,7	15,5	13,9	11,6	14,2	15,2	14,2	16	17	182,4	15,2
1999	15,5	15	14,6	15,3	13,4	13,4	12,2	14,3	14,1	14,5	16,2	14,5	173,0	14,4
2000	14,5	14,0	14,9	14,4	13,3	13,9	14,1	12,6	14,6	15,4	18,8	16,4	176,9	14,7
2001	15,9	15,7	17,5	13,8	17,8	11,8	11,8	15	12,5	16,9	15,3	14,2	178,2	14,8
2002	17,1	17,7	17,3	15,6	14,9	14,6	14,1	14,5	13,8	15	15,5	16,1	186,2	15,5
2003	15,7	15,5	15,6	15,2	14,8	14,4	11,8	14,5	14,7	15,9	15,7	15,4	179,2	14,9
2004	18	14,7	14,2	15,2	13,8	10,7	11,6	11,8	12,7	15,2	16,7	16,8	171,4	14,3
2005	16,4	14,8	14,9	13,6	14,4	13	13,9	12,2	13,8	15,7	15,6	15,7	174,0	14,5
2006	15,7	14,8	14,5	14,3	13,7	12,6	11,7	11,8	13,6	15,7	15,3	15,1	168,8	14,1
2007	15,1	15	13,9	13,7	13,9	10,1	12,9	11,3	10,6	14,2	14,2	13,9	158,8	13,2
2008	13,7	12,5	12,9	13,4	12,2	11,5	9,9	10,8	11,1	12,8	13	13,3	147,1	12,3
2009	11,6	12	14,3	13,7	13,4	11,8	11,4	11	13,9	14,2	14,7	13,2	155,2	12,9
2010	12,6	12,5	12,8	12,7	12,5	10,8	12,2	11,7	11,9	12,8	12,1	12,4	147,0	12,3
2011	13,4	12,6	13	12,5	13	13,1	10,8	13,1	11,4	13,3	13,8	13	153,0	12,8
2012	12,9	12,3	13,4	13	12,9	11,7	11,8	11,3	11,6	12,6	12,9	11,7	148,1	12,3
2013	11,1	11,5	13,2	11,5	11,8	10,6	10,1	10,4	10,5	10,7	11,8	11,2	134,4	11,2
Suma	419,8	406,1	415,2	401,6	389,9	356,9	333,7	353,1	374,3	410,0	426,4	424,0	162,4	
Promedio	14,5	14,0	14,3	13,8	13,4	12,3	11,5	12,2	12,9	14,1	14,7	14,6		

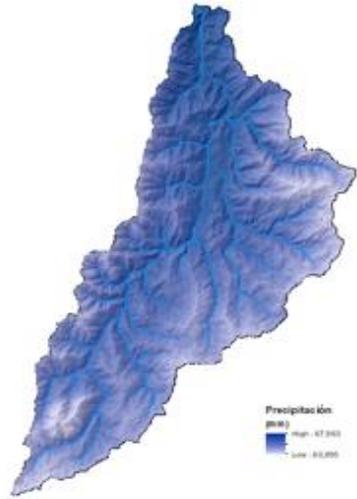
12. Temperatura máxima: estación Saraguro (M0142)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Suma	Promed
1985	17,5	17,2	18	18,8	18,3	17,1	16,6	16,9	18,1	18,9	18,7	18,4	214,5	17,9
1986	18	18,1	18	19,3	19,3	18,3	16,9	17,9	17,7	18,9	18,9	19,3	220,6	18,4
1987	19	18,6	18,7	18,8	18,6	18,8	18,3	18,2	19,4	19,4	18,9	19,3	226,0	18,8
1988	18,6	18,8	18,7	18,6	19,7	18,9	17,3	19	18,9	19,3	18,6	18,7	225,1	18,8
1989	18,7	18,2	18,2	18,8	18,3	18,3	17,8	17,9	19,1	18,5	19,5	19,3	222,6	18,6
1990	18,7	18,6	20,2	20,9	20,3	20,1	17	15,2	15,9	18,1	21,4	21,1	227,6	19,0
1991	20,5	20,3	20,7	21,0	21,5	20,7	19,5	17,5	20,6	20,7	21,5	21,3	245,8	20,5
1992	20,8	20,4	20,3	21,0	20,6	19,7	19,1	20,4	20,9	21,3	18,9	19,8	243,3	20,3
1993	18,2	18,1	17	21,3	20,9	20,1	17,8	19,4	20,3	21	21,6	21,5	237,2	19,8
1994	20,9	21,4	21,9	21	21,5	20,8	18,9	17,5	19,2	22,8	21,6	21,6	249,1	20,8
1995	22	21,8	22,4	22,2	21,7	20,8	21	21,4	20,8	23,2	22,3	21,6	261,2	21,8
1996	20,8	20,3	21,4	21,4	20,8	19,8	18,6	20,6	20,3	22,3	23,1	21,5	250,9	20,9
1997	21,1	20,1	21,2	21,2	20,6	22,4	18,5	18,9	21,8	23,1	21,7	22,2	252,8	21,1
1998	21,5	23,1	22,6	23	21,3	20,3	18,9	21,3	22,4	22,1	23,1	23,3	262,9	21,9
1999	21,8	20,1	21	19,6	20,1	21	18,4	20,4	21,1	20,7	23,2	20	247,4	20,6
2000	20,6	20,5	20,3	21	21	20,5	20	19,4	21,4	22,1	23,4	21,4	251,6	21,0
2001	21,1	20,7	21,7	20,6	21,4	19	19,7	18,3	21,2	23,2	23,1	22,7	252,7	21,1
2002	22,3	22,4	22,2	21,8	21,3	19,2	19,5	20,5	21,4	21,6	21,5	21,5	255,2	21,3
2003	21	21,1	21,1	21,1	20,6	20,5	19,0	19,6	21,1	22,3	22,9	21,5	251,8	21,0
2004	22,1	22,5	21,2	21,9	21,5	18,5	19,7	19,2	19,6	22,3	23,1	22,6	254,2	21,2
2005	22,3	21,2	21,5	21,4	21,9	20,6	19,6	20,2	21,4	23,2	22,6	21,9	257,8	21,5
2006	20,9	21,4	21,5	21,5	21	20,4	19,2	20	21,1	23,3	22,6	22,4	255,3	21,3

2007	21,8	21,3	21,3	22,1	21,2	18,6	20,8	19,8	19,5	21,8	21,6	21,4	251,2	20,9
2008	20,5	20	21,4	21,1	20,1	20,5	19	18,4	18,8	20,4	22,3	22,2	244,7	20,4
2009	20,6	20,9	21,5	20,9	21,7	20,8	20,1	20,5	21	23,1	23,3	23,3	257,7	21,5
2010	21,3	22	22,1	22,5	22,1	19,9	21,7	20,7	22	23	23	21,5	261,8	21,8
2011	21,5	20,8	20,2	21,4	20,3	20,7	18,4	19,7	19,0	20,7	23,5	21,7	248,0	20,7
2012	21,2	21,4	21,2	22,8	20,5	19,9	19,0	18,6	19,2	22,9	20,9	20,8	248,4	20,7
2013	19,3	19,3	22,6	23	23,1	19,8	18,0	18,1	18,3	19,1	20,4	20,8	241,8	20,1
Suma	594,6	590,7	600,2	610,0	601,3	576,0	548,2	555,5	581,5	619,4	627,2	614,5	245,5	
Promedio	20,5	20,4	20,7	21,0	20,7	19,9	18,9	19,2	20,1	21,4	21,6	21,2		

F.Mapas mensuales de Isoyetas

Enero



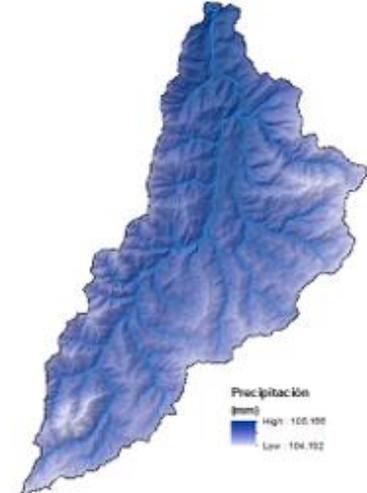
Febrero



Marzo



Abril



Mayo



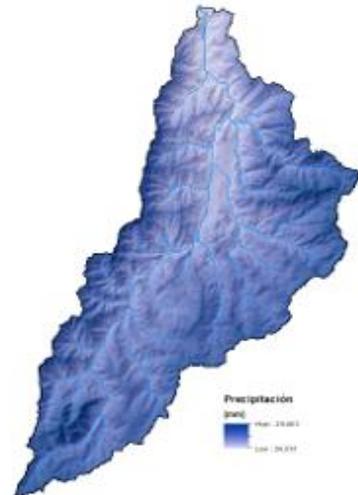
Junio



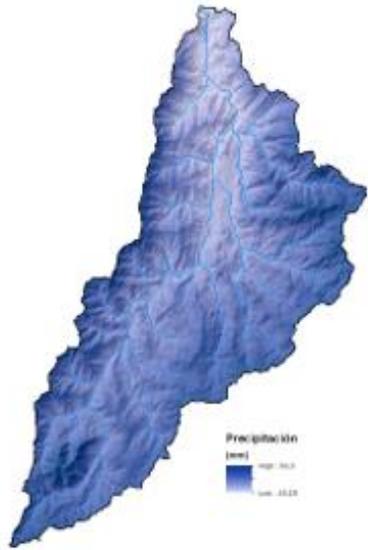
Julio



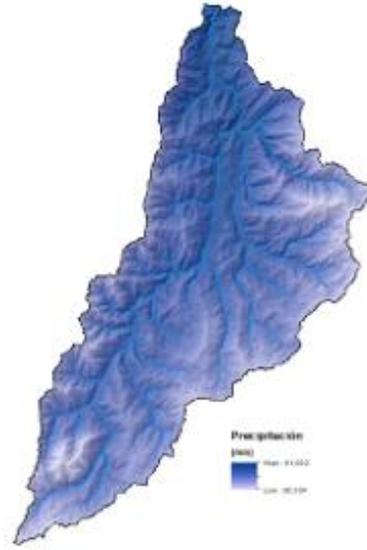
Agosto



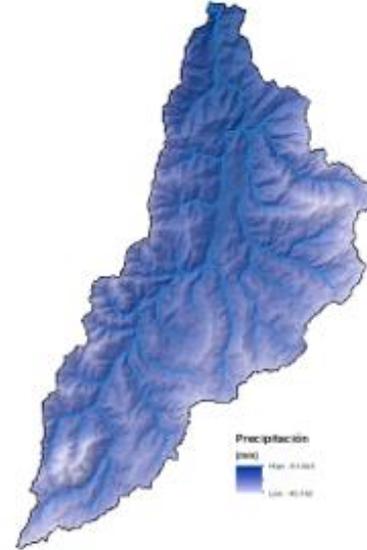
Septiembre



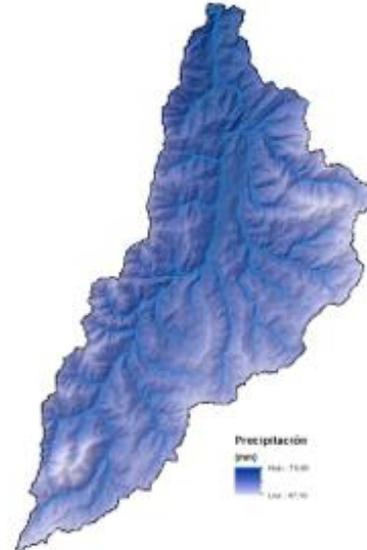
Octubre



Noviembre

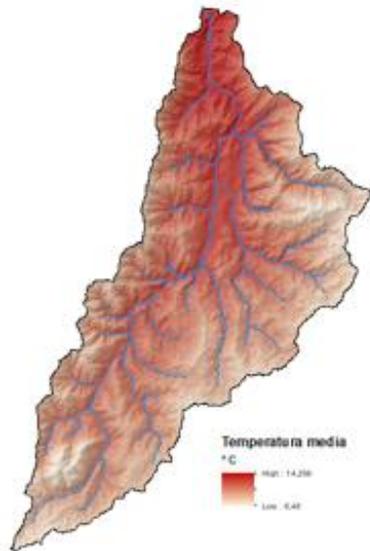


Diciembre

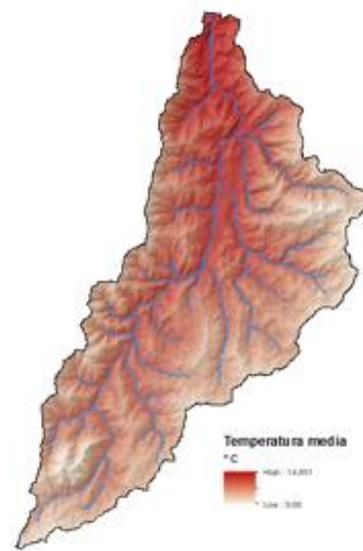


G.Mapas mensuales de Isothermas

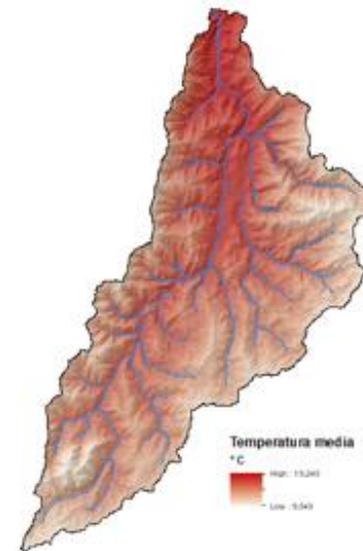
Septiembre



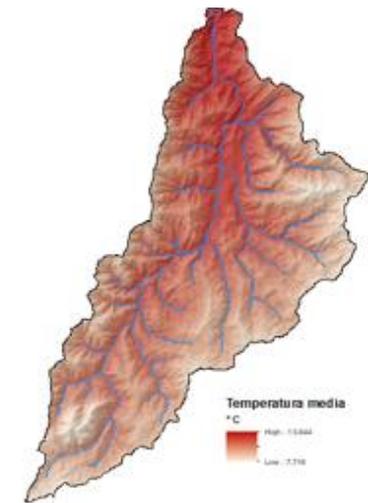
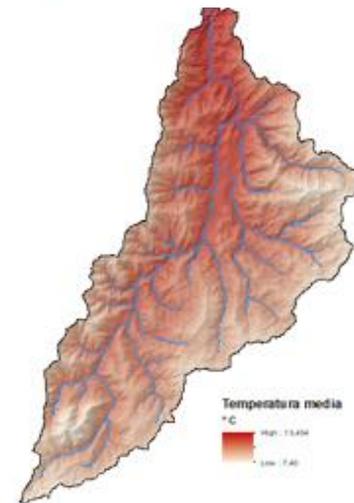
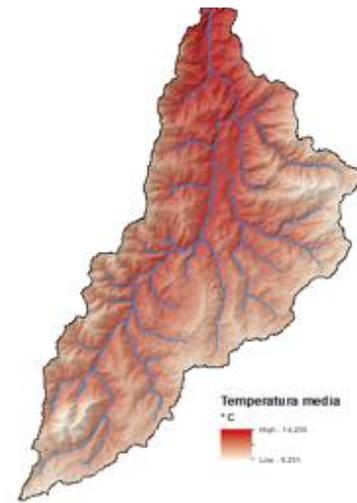
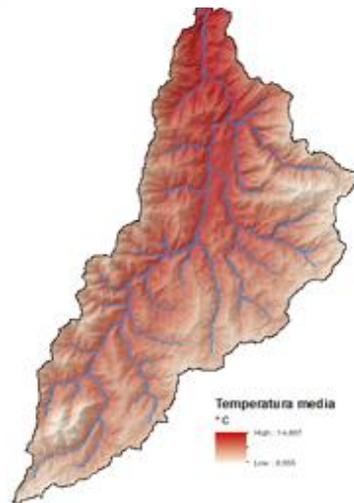
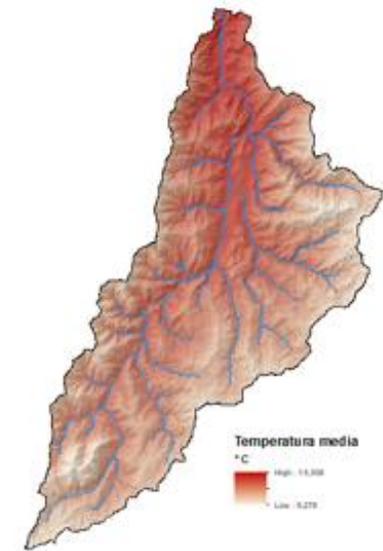
Octubre



Noviembre



Diciembre



ANEXO 2

A. Valores universales del factor K

Textura de suelo	Contenido en porcentaje de Materia Orgánica (MO)		
	< 3.0 %	3.0 a 5.0 %	> 5.0 %
Arcilla	----	0,17-0,38	-----
Arcilla arenosa	0.18	0.17	0.16
Arcilla limosa	0.33	0.30	0.25
Arena	0.07	0.04	0.03
Arena fina	0.21	0.18	0.13
Arena fina franca	0.31	0.26	0.21
Arena franca	0.16	0.13	0.10
Arena muy fina	0.55	0.47	0.36
Arena muy fina franca	0.57	0.49	0.39
Franco (grada)	0.050	0.045	0.038
Franco arcilloso limoso	0.48	0.42	0.34
Franco arcilloso	0.36	0.33	0.27
Franco arenoso arcilloso	0.36	0.33	0.28
Franco arenoso	0.31	0.31	0.25
Franco arenoso fino	0.46	0.39	0.31
Franco arenoso muy fino	0.61	0.53	0.43
Limo	0.78	0.68	0.55
Limo franco	0.63	0.55	0.43

Fuente: (Kirkby y Morgan, 1980, como se citó en GBIF, 1996)

B. Factor C para terrenos forestales permanentes y bosques pastoreados

Cobertura aérea Tipo y altura	% de cobertura a aérea	% de suelo cubierto						
		Tipo	0	20	40	60	80	95+
No apreciable		G	0.45	0.20	0.10	0.042	0.012	0.003
		W	0.45	0.24	0.15	0.091	0.043	0.011
Herbáceas, pastos largos o matorral con altura media de caída de gotas menor a 0.90 metros	25	G	0.36	0.17	0.09	0.038	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.083	0.041	0.011
	50	G	0.26	0.13	0.07	0.035	0.012	0.003
		W	0.26	0.16	0.11	0.076	0.039	0.011
	75	G	0.17	0.10	0.06	0.032	0.011	0.003
		W	0.17	0.12	0.09	0.068	0.038	0.011
Arbustos o matorrales, con altura media de caída de gotas de 1.95 metros	25	G	0.40	0.18	0.09	0.04	0.013	0.003
		W	0.40	0.22	0.14	0.087	0.042	0.011
	50	G	0.34	0.16	0.08	0.038	0.012	0.003
		W	0.34	0.19	0.13	0.082	0.041	0.011
	75	G	0.28	0.14	0.08	0.036	0.012	0.003
		W	0.28	0.17	0.12	0.078	0.040	0.011
Árboles, pero sin	25	G	0.42	0.19	0.10	0.041	0.013	0.003

apreciable cobertura arbustiva o de matorral. Altura media de caída de gotas de 4 metros	50	W	0.42	0.23	0.14	0.089	0.042	0.011
		G	0.39	0.18	0.09	0.040	0.013	0.003
	75	W	0.39	0.21	0.14	0.087	0.042	0.011
		G	0.36	0.17	0.09	0.039	0.013	0.003
		W	0.36	0.20	0.13	0.084	0.042	0.011

Fuente: (Mancilla, 2008.p.27)

Notas G= cubierta superficial está compuesta por pasto o material en descomposición W= la cubierta superficial está compuesta de herbáceas con poca cobertura radicular o residuos no descompuestos.

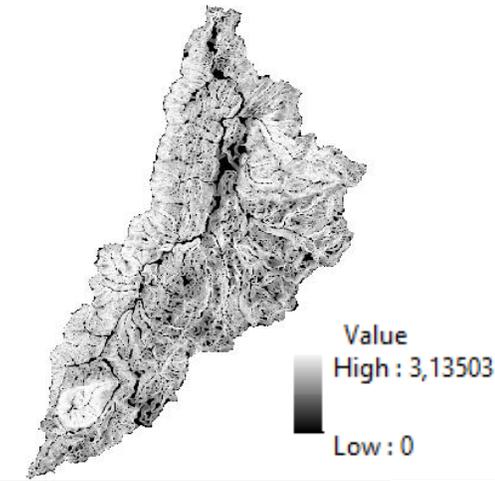
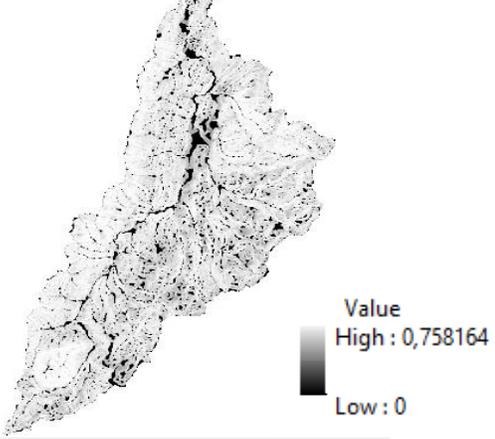
C. Factor C para bosques alterados

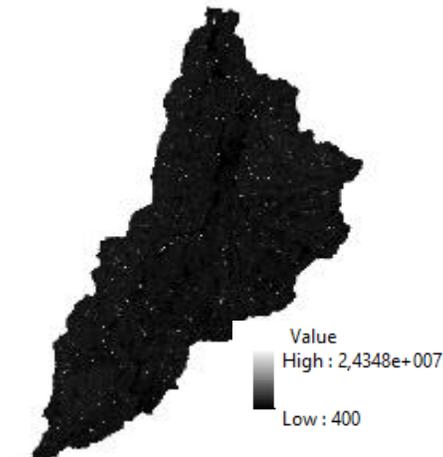
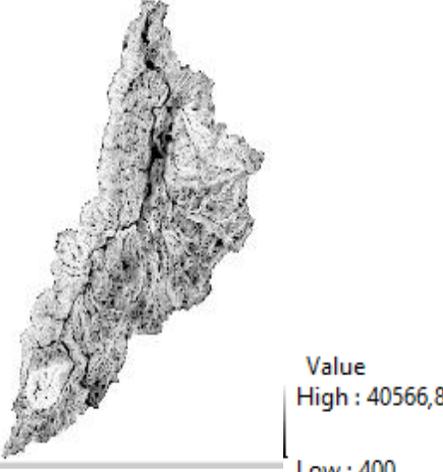
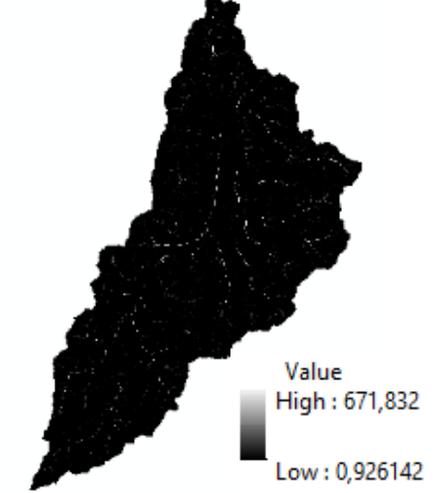
Preparación del sitio	Cobertura de mulch	Condición del suelo y cobertura de malezas							
		Excelente		Buena		Regular		Pobre	
		NC	WC	NC	WC	NC	WC	NC	WC
Discado ratrillado o preparado para semillas	0	0.52	0.2	0.72	0.27	0.85	0.32	0.94	0.36
	10	0.33	0.15	0.46	0.20	0.54	0.24	0.60	0.26
	20	0.24	0.12	0.34	0.17	0.40	0.20	0.44	0.22
	40	0.17	0.11	0.23	0.14	0.27	0.17	0.30	0.19
	60	0.11	0.08	0.15	0.11	0.18	0.14	0.20	0.15
	80	0.05	0.04	0.07	0.06	0.09	0.08	0.10	0.09
Quemas	0	0.25	0.10	0.26	0.10	0.31	0.12	0.45	0.17
	10	0.23	0.10	0.24	0.10	0.26	0.11	0.36	0.16
	20	0.19	0.10	0.19	0.10	0.21	0.11	0.27	0.14
	40	0.14	0.09	0.14	0.09	0.15	0.09	0.17	0.11
	60	0.08	0.06	0.09	0.07	0.10	0.08	0.11	0.08
	80	0.04	0.04	0.05	0.04	0.05	0.04	0.06	0.05
Trituración de residuos	0	0.16	0.07	0.17	0.07	0.20	0.08	0.29	0.11
	10	0.15	0.07	0.16	0.07	0.1ç	0.08	0.23	0.10
	20	0.12	0.06	0.12	0.06	0.14	0.07	0.18	0.09
	40	0.09	0.06	0.09	0.06	0.10	0.06	0.11	0.07
	60	0.06	0.05	0.06	0.05	0.07	0.05	0.07	0.05
	80	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04

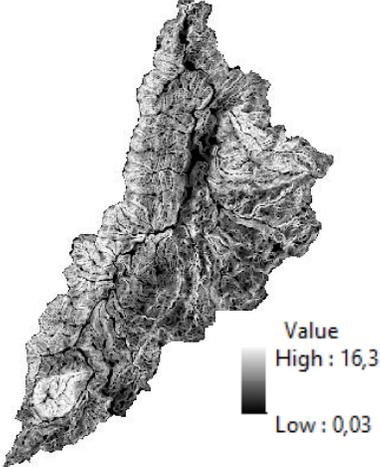
Fuente; (Mancilla, 2008.p.28)

Notas: NC= sin vegetación viva; WC= con un 75% de pasto y malezas, implicando una altura media de goteo de 1.27m.

D. Digitalización Factor LS

Resultado	Parámetro
	F
	Fórmula teórica
	$\left(\frac{\sin\beta}{0.0896}\right)/3(\sin\beta)^{0.8} + 0.56$
	Fórmula ráster calculator
	$(\text{Sin}(\text{"Pendiente"}*0.01745) / 0.0896) / (3*\text{Power}(\text{Sin}(\text{"Beta"}*0.01745),0.8) + 0.56)$
Resultado	Parámetro
	m
	Fórmula teórica
	$m = \frac{F}{(1 + F)}$
	Fórmula ráster calculator
	$\text{"F"} / (1 + \text{"F"})$

Resultado	Parámetro
	L (numerador)
	Fórmula teórica
	$(A(i, j) + D^2)^{m+1} - (A(i, j))^{m+1}$
	Fórmula ráster calculator
	Power("fca"+30.82*30.82,"m"+ 1)- Power("fca", "m"+1)
Resultado	Parámetro
	L denominador
	Fórmula teórica
	$x^m * D^{m+2} * (22.13)^m$
	Fórmula ráster calculator
	Power(20,20,"m"+2)*Power(22,13,"m")
Resultados	Parámetro
	Longitud (L)
	Fórmula teórica
	$\frac{(A(i, j) + D^2)^{m+1} - (A(i, j))^{m+1}}{x^m * D^{m+2} * (22.13)^m}$
	Fórmula ráster calculator
	"numerador" / "denominador"

Resultado	Parámetro
	S
	Fórmula teórica
	$\text{Tan}(\beta)_{(i,j)} < 0.09 \quad S = 10.8\sin\beta_{(i,j)} + 0.03$
	$\text{Tan}(\beta)_{(i,j)} \geq 0.09 \quad S = 16.8\sin\beta_{(i,j)} - 0.5$
	Fórmula ráster calculator
$\text{Con}(\text{Tan}(\text{"pendiente"}*0.01745) < 0.09, 10.8*\text{Sin}(\text{"pendiente"}*0.01745)+0.03, 16.8*\text{Sin}(\text{"pendiente"}*0.01745) - 0.5)$	

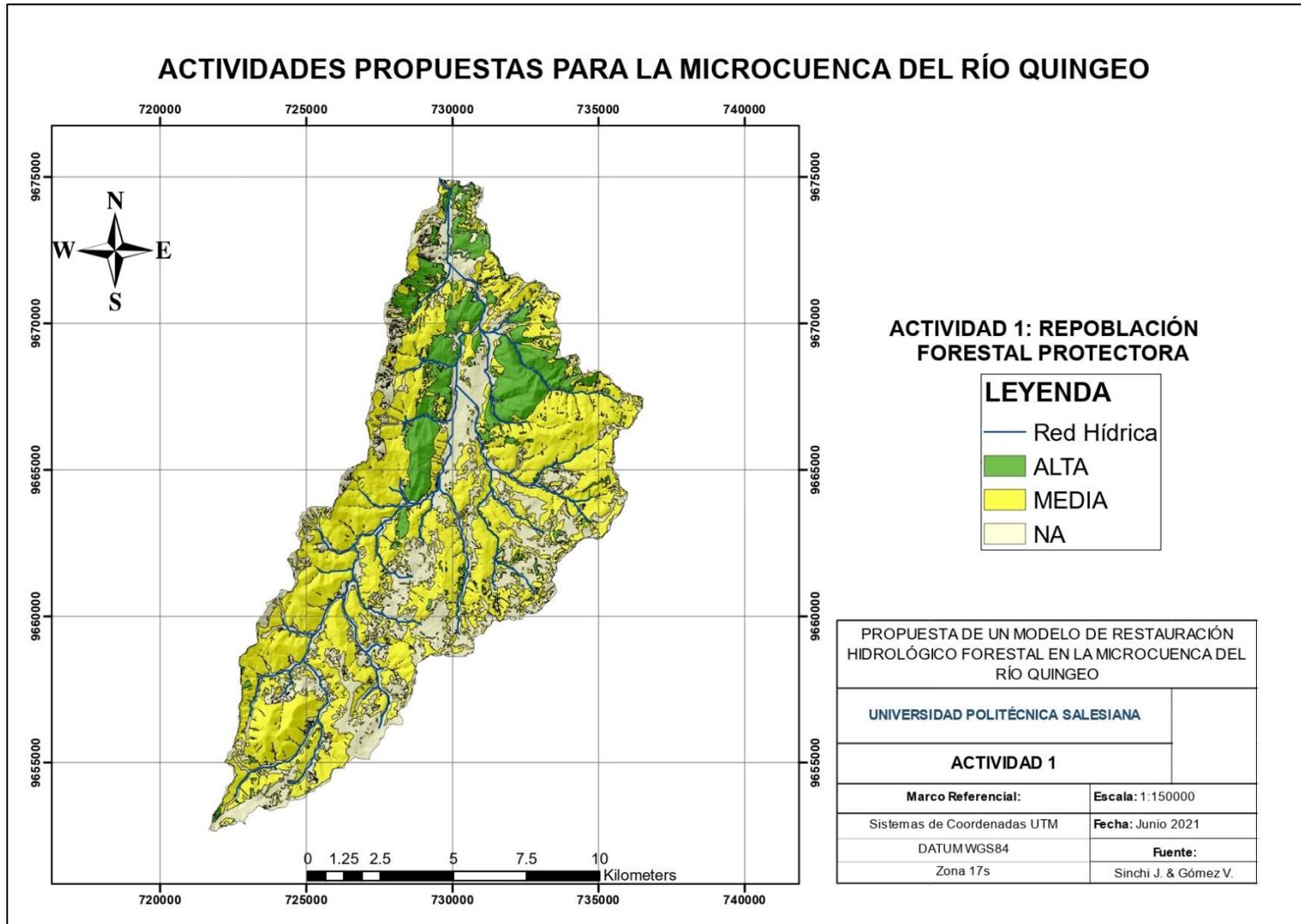
Fuente: (Calero, 2017)

F. Matriz de adecuación

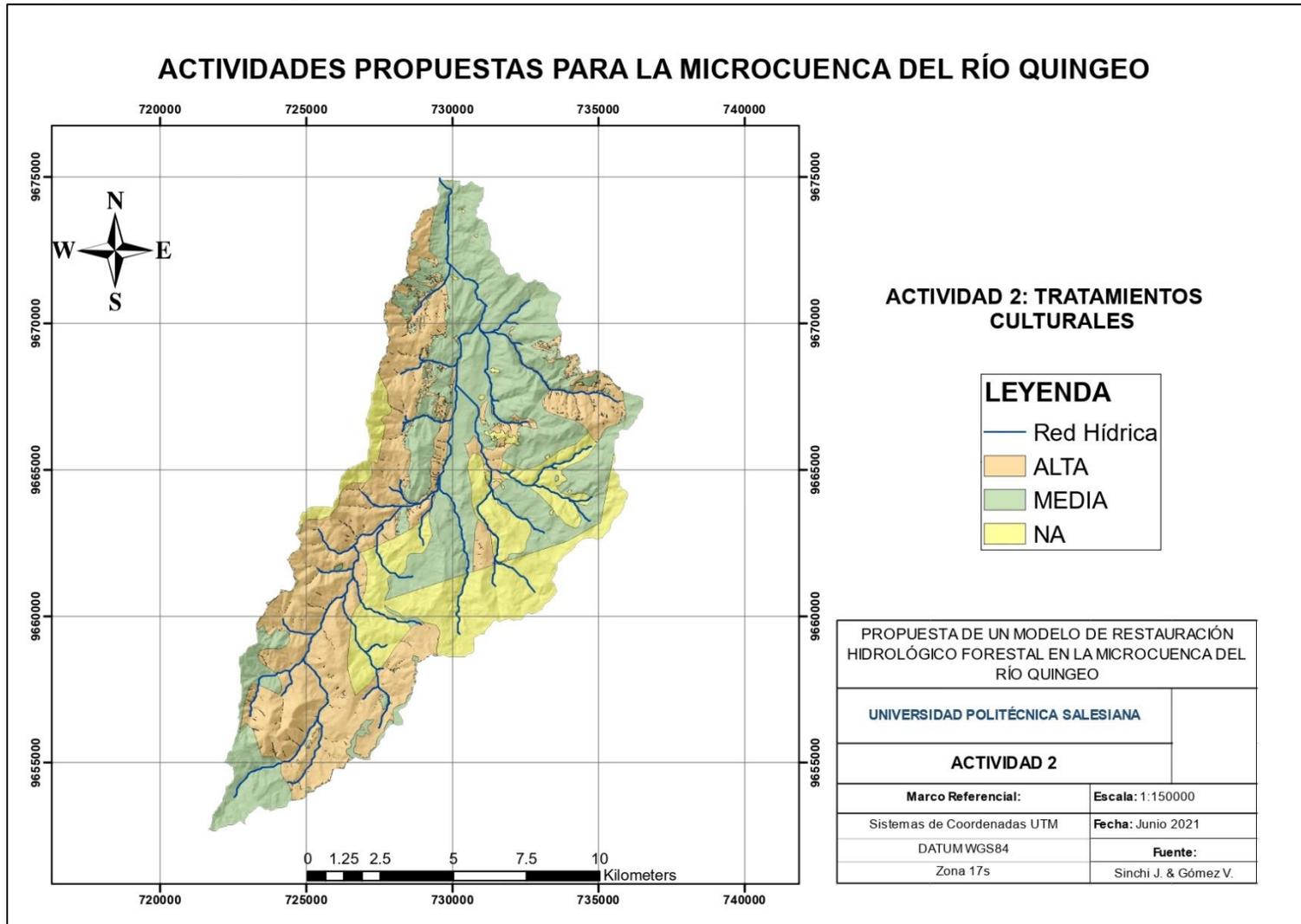
Elementos	Clase	Actividades								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
		Repoblaciones forestales protectora	Tratamientos culturales	Actuaciones en riveras	Cambio de uso de suelo	Conservación de enclaves de interés (cultivos, cobertura vegetal)	Prácticas de conservación de suelos	Hidrotecnias de corrección de cauces	Mantenimiento del uso agrícola	Implantación de prácticas mecánicas
	0-12	No adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	Bastante adecuado	No adecuado
	12-25	Poco adecuado	Bastante adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	medianamente adecuado	Poco adecuado
	25-50	Bastante adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	bastante adecuado
	> 50	Bastante adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	muy adecuado	No adecuado	bastante adecuado
Influencia hídrica	Si	No adecuado	Medianamente adecuado	muy adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	muy adecuado	No adecuado	No adecuado
	No	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
Uso de suelo	Tierra Agropecuaria	Poco adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	Muy adecuado	medianamente adecuado	Muy adecuado	no adecuado	muy adecuado	muy adecuado
	Bosque Nativo	Muy adecuado	Bastante adecuado	No adecuado	No adecuado	muy adecuado	Bastante adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
	Vegetación arbustiva y herbácea	Bastante adecuado	Bastante adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	bastante adecuado	Muy adecuado	no adecuado	No adecuado	medianamente adecuado
	Área sin cobertura vegetal	Bastante adecuado	Poco adecuado	No adecuado	Bastante adecuado	No adecuado	Poco adecuado	no adecuado	No adecuado	medianamente adecuado
	Infraestructura	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
	Plantación Forestal	Muy adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Muy adecuado	no adecuado	No adecuado	Poco adecuado

Perdidas de suelo	Ninguna o ligera < 10	No adecuado	muy adecuado	No adecuado	No adecuado	bastante adecuado	Medianamente adecuado	medianamente adecuado	medianamente adecuado	No adecuado
	Moderada 10 - 50	Medianamente adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Medianamente adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	medianamente adecuado
	Alta 50 - 100	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	Poco adecuado	No adecuado	Poco adecuado	bastante adecuado	No adecuado	muy adecuado
	Muy Alta > 100	Muy adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	Medianamente adecuado	muy adecuado	No adecuado	muy adecuado
Figuras de Protección	Áreas Protegidas	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	muy adecuado	Muy adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
Relieve	Colinas medianas	Medianamente adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Medianamente adecuado	Poco adecuado	medianamente adecuado	Poco adecuado
	Relieve escarpado	Poco adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
	Relieve montañoso	Medianamente adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	no adecuado	No adecuado	No adecuado
	Talud de derrubios	Bastante adecuado	No adecuado	poco adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	muy adecuado	No adecuado	No adecuado
	Vertientes convexas	Bastante adecuado	Medianamente adecuado	No adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Medianamente adecuado	no adecuado	medianamente adecuado	No adecuado
	Vertientes cóncavas	Medianamente adecuado	Medianamente adecuado	poco adecuado	No adecuado	medianamente adecuado	Medianamente adecuado	bastante adecuado	medianamente adecuado	bastante adecuado
	Vertientes irregulares	Poco adecuado	No adecuado	No adecuado	No adecuado	poco adecuado	No adecuado	no adecuado	no adecuado	No adecuado
Tipo de clima	Pluvial	Medianamente adecuado	Medianamente adecuado	medianamente adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	Medianamente adecuado	no adecuado	no adecuado	medianamente adecuado
	Pluviestacional	Medianamente adecuado	No adecuado	poco adecuado	medianamente adecuado	No adecuado	Medianamente adecuado	no adecuado	no adecuado	bastante adecuado

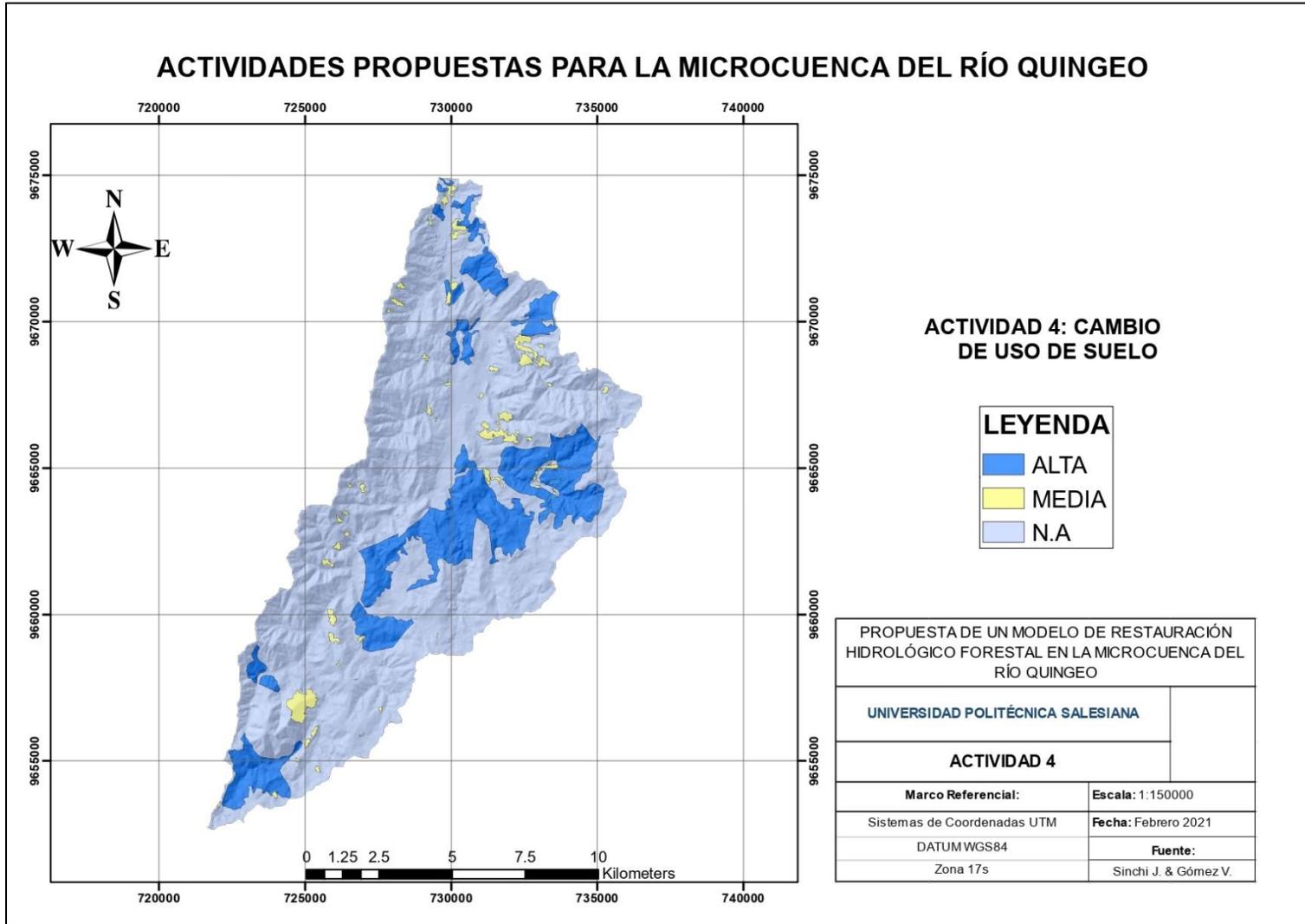
G. Mapa del grado de adecuación para la actividad 1



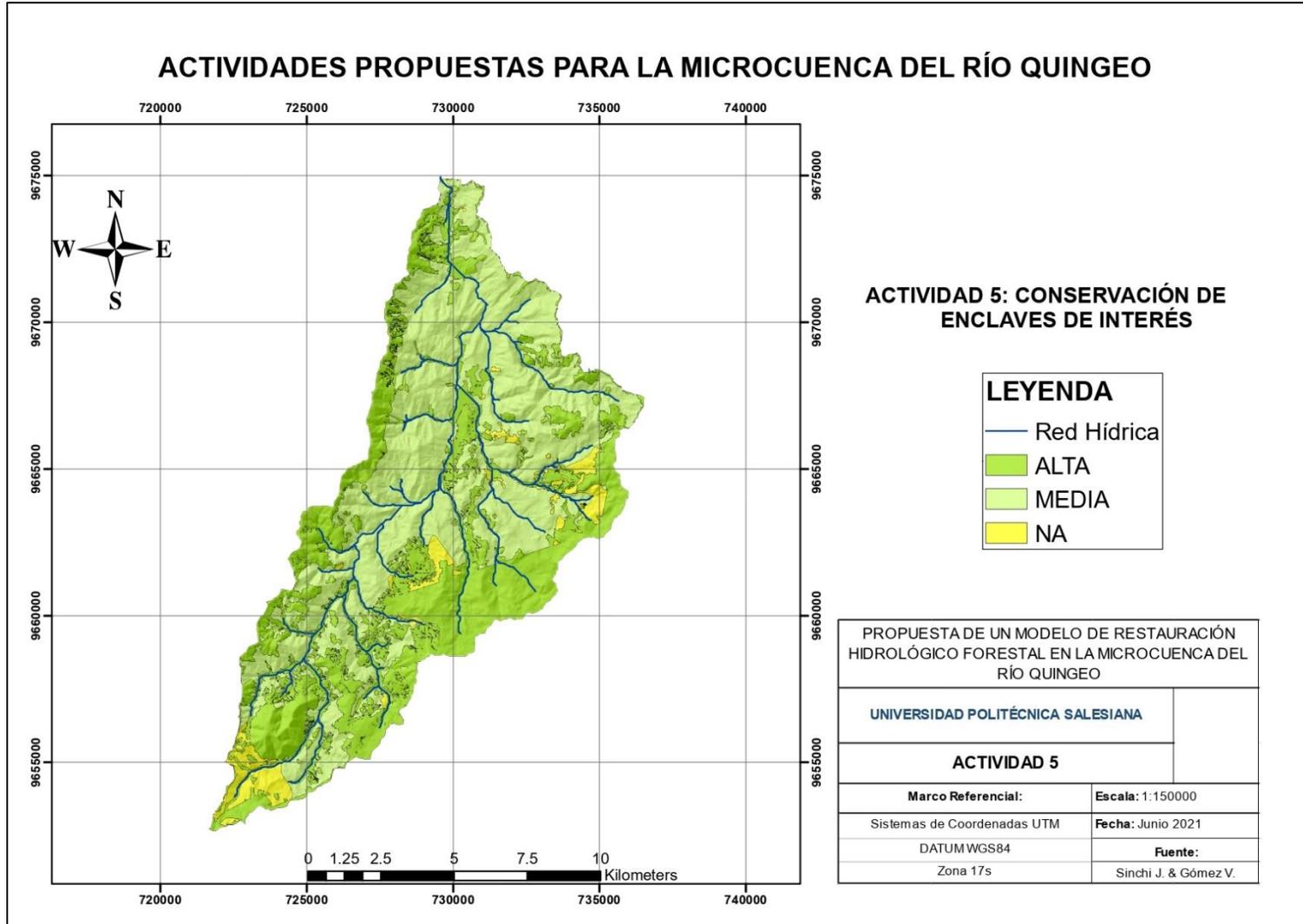
H. Mapa del grado de adecuación para la actividad 2



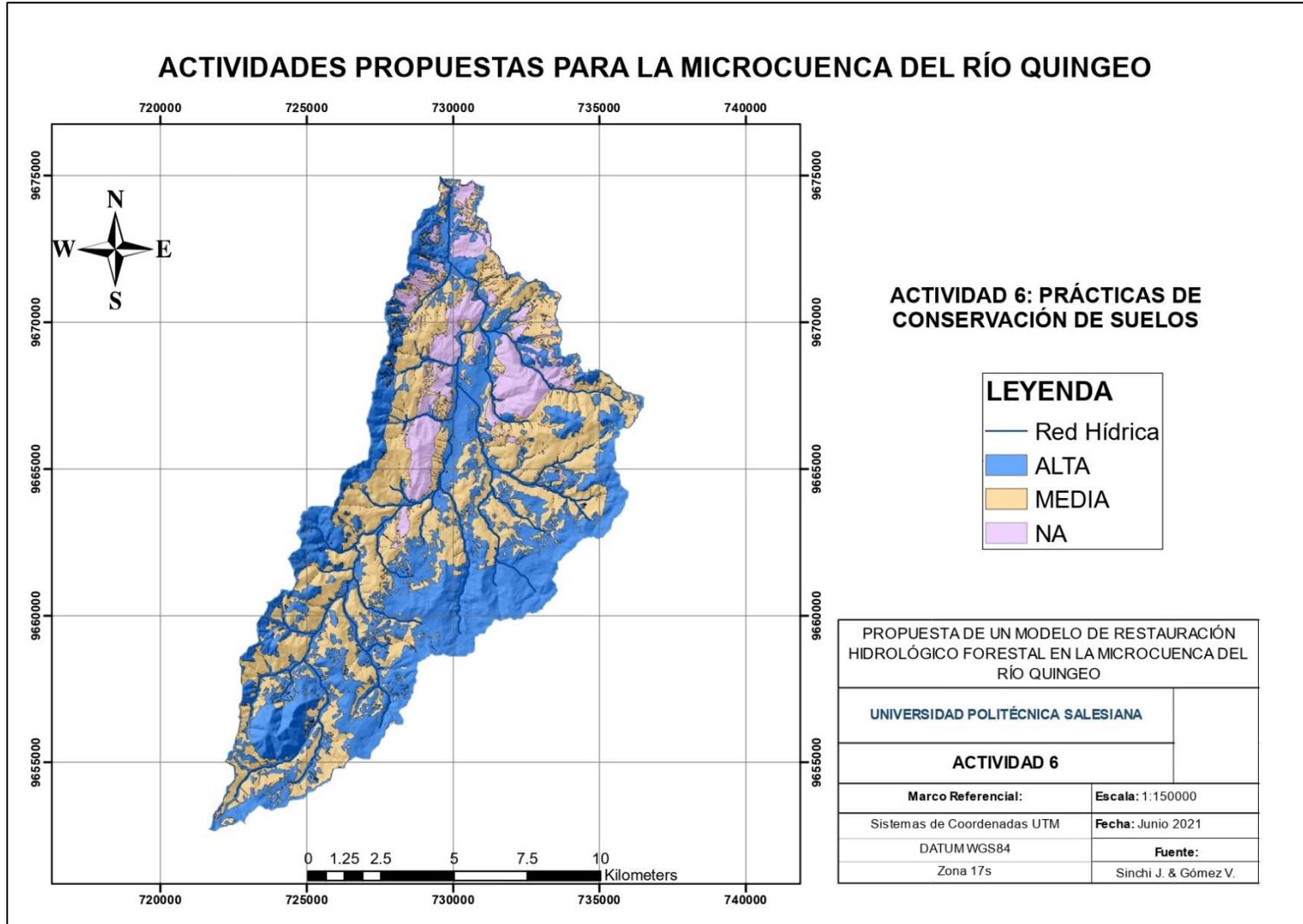
I. Mapa del grado de adecuación para la actividad 4



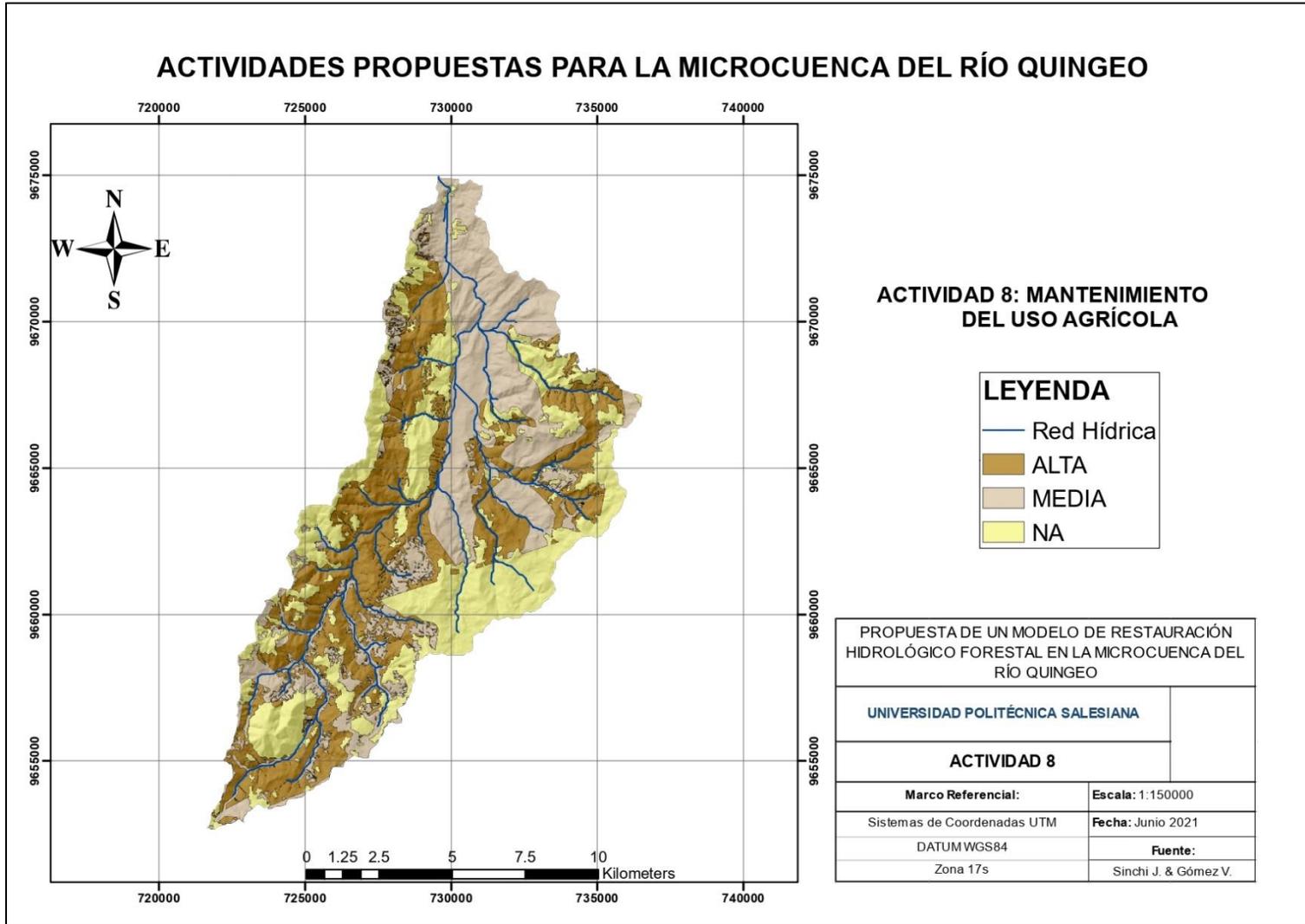
J. Mapa del grado de adecuación para la actividad 5



J. Mapa del grado de adecuación para la actividad 6



K. Mapa del grado de adecuación para la actividad 8



L. Mapa del grado de adecuación para la actividad 9

