

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO



FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Proyecto de investigación previo a la obtención del Título de Ingeniero Ambiental

TRABAJO DE TITULACIÓN

Título del proyecto

DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO DE LAS MICROCUENCAS
DE LOS RÍOS CHIBUNGA Y GUANO

Autor(es):

Sandra Valeria Iturralde Ruiz
Manuel Sebastián Fiallos Salguero

Tutor:

Ing. Guido Patricio Santillán Lima

Riobamba - Ecuador

2019

Los miembros del Tribunal de Graduación del proyecto de investigación de título:

“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS CHIBUNGA Y GUANO”.

Presentado por: Sandra Valeria Iturralde Ruiz y Manuel Sebastián Fiallos Salguero,

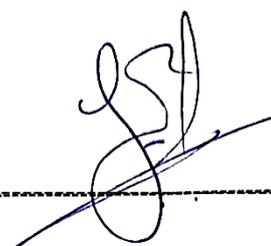
Dirigida por: Ing. Patricio Santillán Msc.

Una vez escuchada la defensa oral y revisado el informe final del proyecto de investigación con fines de graduación escrito en la cual se ha constatado el cumplimiento de las observaciones realizadas, remite la presente para uso y custodia en la biblioteca de la Facultad de Ingeniería de la UNACH.

Para constancia de lo expuesto firman:

Ing. Patricio Santillán Msc.

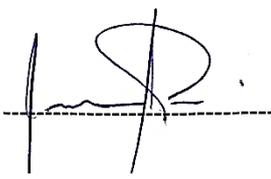
Tutor del Proyecto



Firma

Ing. Iván Ríos PhD.

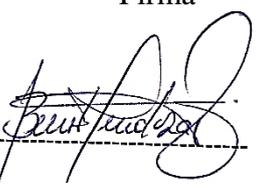
Presidente del Tribunal



Firma

Ing. Benito Mendoza PhD.

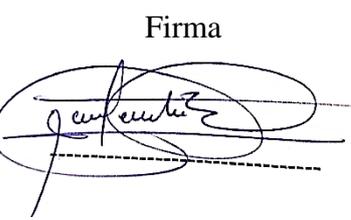
Miembro del Tribunal



Firma

Ing. María Fernanda Rivera PhD.

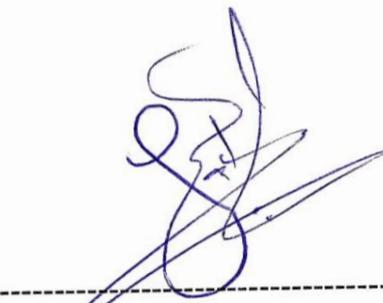
Miembro del Tribunal



Firma

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA

Certifico que el presente trabajo de investigación previo a la obtención del grado de **INGENIERO AMBIENTAL**. Con el Tema: **“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS CHIBUNGA Y GUANO”**, ha sido elaborado por Sandra Valeria Iturralde Ruiz y Manuel Sebastián Fiallos Salguero, el mismo que ha sido revisado y analizado en un cien por ciento con el asesoramiento permanente de mi persona en calidad de Tutor, por lo que se encuentra apto para la presentación y defensa respectiva. Es todo cuanto puedo informar en honor a la verdad.



Guido Patricio Santillán Lima Msc.
C.I: 060278077-7

AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nosotros, SANDRA VALERIA ITURRALDE RUIZ, con cédula de identidad N° 160096676-4 y MANUEL SEBASTIÁN FIALLOS SALGUERO, con cédula de identidad N° 060397635-8; somos responsables de las ideas, doctrinas, resultados y propuestas realizadas en la presente investigación, titulada: **“DETERMINACIÓN DE LA CAPACIDAD DE CAMPO DE LAS MICROCUENCAS DE LOS RÍOS CHIBUNGA Y GUANO”**, dirigida por el Tutor del Proyecto, Ing. Patricio Santillán Msc.

En virtud de ello, manifestamos la originalidad de la conceptualización del trabajo, interpretación de datos y la elaboración de conclusiones, con el aporte de varios autores que se han referenciado adecuadamente en el contenido del documento.



Sandra Valeria Iturralde Ruiz

C.I: 160096676-4



Manuel Sebastián Fiallos Salguero

C.I: 060397635-8

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, a Dios y a la Virgencita de Agua Santa por llenarme de fuerza, sabiduría y perseverancia para culminar esta etapa a pesar de las adversidades que se me han presentado en la vida. Quiero también agradecer a mi madre, que ha hecho de padre y madre a la vez para que pueda superarme y de esta manera llegar a cumplir todas las metas que me eh planteado.

A todos los docentes de la Carrera de Ing. Ambiental por compartir sus conocimientos, sus experiencias de vida, por todos los consejos brindados y por la amistad que se ha construido durante la vida universitaria, en especial a nuestro querido Ing. Benito Mendoza por darnos su tiempo y sobretodo ser nuestro guía durante el desarrollo de la tesis. Al Ing. Patricio Santillán por su paciencia, confianza y compromiso. Al Ing. Franklin Cargua por compartir sus conocimientos, su profesionalismo y a todos quienes de una u otra manera colaboraron desinteresadamente.

Sandra Valeria Iturralde Ruiz.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a dios por estar conmigo en cada paso que doy y por haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el periodo de estudio. A mis padres y hermana, por creer en mí y porque siempre me apoyaron a lo largo de mi vida impulsándome a culminar mis estudios, todo esto se los debo a ustedes. Al PhD. Benito Mendoza y al Ing. Franklin Cargua quienes con su amistad y motivación me guiaron durante todo el trabajo investigativo y en mi formación profesional.

Manuel Sebastián Fiallos Salguero

DEDICATORIA

Con muchísimo cariño dedico el fruto de este esfuerzo a la memoria de mi padre, Pedro Iturralde, quien siempre decía que me quería ver triunfando saliendo adelante a pesar de cualquier circunstancia que se me presentase y a mi mamá, María Ruiz por su apoyo incondicional, por siempre confiar en mí, por sus consejos, por ser una excelente madre, amiga y sobre todo por ser mi guía a lo largo de toda la vida.

Sandra Valeria Iturralde Ruiz.

Dedico primeramente mi trabajo a Dios, que me ha dado fortalezas para continuar cuando a punto de caer he estado, de igual forma, esta meta obtenida en mi vida fue gracias a las personas más importantes en mi vida, a mis padres Luis y Narciza y a mi hermana Joselyn por haberme apoyado en todo momento, por su motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, logrando cumplir este sueño permitiéndome salir adelante.

Finalmente reconocer el apoyo brindado por toda mi familia y amigos, a todas mis eternas gratitudes por haber contribuido al desarrollo de este proyecto.

Manuel Sebastián Fiallos Salguero

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

SIG: Sistema de Información Geográfica.

USDA: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

NRCS: Natural Resources Conservation Service

OA: Overall Accuracy (Exactitud Global)

HSG: Grupo Hidrológico del Suelo

Ps: Pasto

Pa: Páramo

Zu: Zona Urbana

Se: Suelo Erosionado

C: Cultivo

Hu: Humedales

Na: Nieve y Agua

CN: Número de Curva

K: Conductividad Hidráulica

Q: Escorrentía

S: Potencial Máximo de Retención

C.O: Carbono Orgánico

M.O: Materia Orgánica

M.R.CH: Microcuenca del Río Chibunga

M.R.G: Microcuenca del Río Guano

INDICE GENERAL

DECLARACIÓN EXPRESA DE TUTORÍA.....	III
AUTORÍA DE LA INVESTIGACIÓN	IV
AGRADECIMIENTOS.....	V
DEDICATORIA.....	VII
SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS.....	VIII
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Problemática	2
1.2. Justificación.....	3
2. OBJETIVOS	4
2.1. Objetivo general:	4
2.2. Objetivos específicos:.....	4
3.1. Cuenca Hidrográfica	4
3.5. Sistemas de Teledetección	5
3.6. Clasificación de imágenes satelitales	6
3.7. Clasificación supervisada.....	6
3.8. Clasificación no supervisada.....	6
3.9. Métodos de Clasificación.....	6
3.9.1. Mínima distancia	6
3.9.2. Máxima verosimilitud	7
3.10. Matriz de confusión.....	7
3.11. Coeficiente Kappa	8
3.12. Coeficiente de correlación de Pearson (R).....	8
3.13. Porosidad del Suelo.....	9

3.14.	Coeficiente de Permeabilidad	10
3.15.	Ley de Darcy	11
3.16.	Método del U.S. SCS (Soil Conservation Service of USA).....	11
3.17.	Calculo de CN	12
3.18.	Clasificación de coberturas	12
3.19.	Clases de usos y tratamientos del suelo	13
3.20.	Condición hidrológica para la infiltración.	13
3.21.	Capacidad de infiltración	13
3.22.	El Potencial Máximo de retención	14
4.1.	Tipo de Investigación	15
4.1.1.	Establecer el uso de suelo y la cobertura vegetal	15
4.1.2.	Obtención de los parámetros para CN	18
4.1.3.	Determinación de la capacidad de campo	19
4.2.	Flujograma de actividades.....	20
5.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	22
5.1.	Tratamiento y Corrección de la Imagen Satelital.....	22
5.2.	Clasificación de Coberturas Vegetales.....	22
5.3.	Uso y cobertura vegetal del suelo en las Microcuencas.....	23
5.4.	Parámetros obtenidos en la microcuenca del río Chibunga	24
5.4.1.	Análisis de la textura	24
5.4.2.	Cálculo de la Porosidad	25
5.4.3.	Permeabilidad	26
5.4.4.	Capacidad de Infiltración.....	27
5.4.5.	Materia Orgánica	27
5.5.	Parámetros obtenidos en la microcuenca del río Guano	28
5.5.1.	Análisis de la Textura	28

5.5.2.	Cálculo de la Porosidad	29
5.5.3.	Permeabilidad	30
5.5.4.	Capacidad de Infiltración.....	31
5.5.5.	Materia Orgánica	31
5.6.	Capacidad de campo de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano.....	32
5.6.1.	Asignación del grupo hidrológico (HSG) y CN	32
5.6.2.	El Potencial Máximo de retención (S).....	34
5.7.	Parámetros Hidrológicos	36
5.7.1.	Precipitación	36
5.7.2.	Escorrentía	36
6.	CONCLUSIONES	43
7.	RECOMENDACIONES	45
8.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	46
9.	ANEXOS.....	52
9.1.	Anexo 1 Números de curva de escorrentía según su cobertura.....	52
9.2.	Anexo 2 Asignación numérica general para las diferentes texturas del suelo	53
9.3.	Anexo 3 Parámetros físicos e hidrogeológicos en las Microcuencas.	54
9.4.	Anexo 4. Estaciones Meteorológicas	55
9.5.	Anexo 5 Tabla de la de la porosidad	55
9.6.	Anexo 6 Matriz para el Cálculo de la Permeabilidad.....	58
9.7.	Anexo 7. Porcentajes de Materia Orgánica y Carbono Orgánico.	60
9.8.	Anexo 8. Resultados del Potencial Máximo de Retención	60
9.9.	Anexo 9. Parámetros de la Capacidad de Campo	61
9.10.	Anexo 10. Porcentaje de Precipitaciones convertidas en escorrentía	62
9.11.	Anexo 11: Mapas de precipitaciones medias anuales	67
9.12.	Anexo 12. Mapas de Escorrentía media anual en las microcuencas.....	72

9.13. Anexo 13. Fotográfico	78
-----------------------------------	----

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Rango de valores del coeficiente de correlación de Pearson.....	8
Tabla 2. Tipos de poros, tamaño y función	9
Tabla 3. Clases texturales del suelo dependiendo de su permeabilidad	10
Tabla 4. Comprobación de la Matriz de confusión.	22
Tabla 5. Área total por categoría en las microcuencas	23
Tabla 6. Validación numérica textural para clases texturales	25
Tabla 7. Valoración numérica para clases texturales	29
Tabla 8. Asignación de HSG y CN para la M.R.CH.....	33
Tabla 9. Asignación de HSG y CN para la M.R.G.....	33
Tabla 10. Números de curva de escorrentía para pastizales áridos y semiáridos.....	52
Tabla 11. Números de Curva de Escorrentía para la Agricultura.....	53
Tabla 12. Asignación numérica según su clase textural.....	54
Tabla 13. Resumen de los parámetros en la M.R.CH.....	54
Tabla 14. Resumen de los parámetros en la M.R.G.	54
Tabla 15. Ubicación de las estaciones meteorológicas	55
Tabla 16. Porosidad determinada en la M.R.CH.....	56
Tabla 17. Porosidad determinada para la M.R.G.	57
Tabla 18. Cálculo de la Permeabilidad en la M.R.CH	58
Tabla 19. Calculo de la Permeabilidad en la M.R.G.	59
Tabla 20. Porcentajes de M.O y C.O en la M.R.CH.	60
Tabla 21. Porcentaje de M.O y C.O en la M.R.G.....	60
Tabla 22. Potencial Máximo de Retención en la M.R.CH.	60
Tabla 23. Potencial Máximo de Retención en la M.R.G.....	61
Tabla 24. Capacidad de Campo en la M.R.CH	61

Tabla 25. Capacidad de Campo en la M.R.G.	61
Tabla 26. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2010	62
Tabla 27. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2011	62
Tabla 28. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2012	62
Tabla 29. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2013	63
Tabla 30. Porcentaje de precipitaciones convertidas en escorrentía en el año 2014	63
Tabla 31. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2010	63
Tabla 32. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2011	64
Tabla 33. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2012	64
Tabla 34. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2013	64
Tabla 35. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2014	65
Tabla 36. Precipitaciones medias mensuales según cada estación	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema operativo de Satélites de Observación.....	5
Figura 2. Criterio de decisión en el método Máxima probabilidad	7
Figura 3. Curva de la Capacidad de Infiltración.....	14
Figura 4. Fases metodológicas	15
Figura 5. Mapa de la ubicación del área de estudio.....	17
Figura 6. Flujograma de actividades	21
Figura 7. Mapa de uso y cobertura vegetal.....	24
Figura 8. Porosidad para cada una de las categorías en la M.R.CH.....	26
Figura 9. Resultados de la permeabilidad en la M.R.CH	26
Figura 10: Capacidad de Infiltración en la M.R.CH.....	27
Figura 11. Porcentaje de Materia Orgánica en cada categoría	28
Figura 12. Porosidad para cada una de las categorías en la M.R.G.....	30
Figura 13. Resultados de Permeabilidad en la M.R.G.	30

Figura 14. Capacidad de Infiltración en la M.R.G.	31
Figura 15. Porcentaje de Materia Orgánica en cada categoría	32
Figura 16. Mapa de Potencial Máximo de Retención para la M.R.CH.....	34
Figura 17. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.G.....	35
Figura 18. Precipitaciones medias mensuales	36
Figura 19. Relación precipitación-escorrentía año 2010.....	37
Figura 20. Relación precipitación-escorrentía año 2010.....	38
Figura 21. Relación precipitación-escorrentía año 2011	38
Figura 22. Relación precipitación-escorrentía año 2011	39
Figura 23. Relación precipitación-escorrentía año 2012.....	40
Figura 24. Relación precipitación-escorrentía año 2012.....	40
Figura 25. Relación precipitación-escorrentía año 2013	41
Figura 26. Relación precipitación-escorrentía año 2013.....	42
Figura 27. Relación precipitación-escorrentía año 2014.....	42
Figura 28. Relación precipitación-escorrentía año 2014.....	43

RESUMEN

Las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano están localizadas dentro de la subcuenca del río Chambo, extendiéndose desde los deshielos del Chimborazo, pasando por las ciudades de Guano y Riobamba respectivamente y desembocando en el río Chambo, además, estos ríos son considerados una forzante hidrológica y límite geológico del acuífero ubicado en esta subcuenca.

Por esta razón, la presente investigación tiene como objetivo el estudio de la capacidad de campo en las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano, determinando el potencial máximo de retención, es decir, la saturación de agua en el suelo abordando el cambio de precipitación a escorrentía mediante las correlaciones entre las características del suelo y su vegetación, de este modo, en el río Chibunga categoría páramo, registra el mayor valor de potencial máximo de retención con 72 mm y una relación precipitación – escorrentía del 29% en el año 2010, del 26% para el 2011, del 22% para el 2012, del 16% para el 2013 y el 19% en el 2014, por otra parte, el río Guano categoría bosque de eucalipto registra el mayor valor de retención con 298 mm y una relación precipitación – escorrentía del 58% para el año 2010, del 12% para el 2011, del 41% para el 2012, del 35% para el 2013 y el 13% en el 2014, además, se produce una retención nula en las categorías húmedales, zona urbana, nieve y agua en las dos microcuencas, siendo una relación proporcional en la transformación de precipitación a escorrentía.

Asimismo, se utilizó el método número de curva diseñado por *United States Soil Conservation Service* (USSCS), siendo este un modelo empírico que relaciona la cobertura vegetal y las condiciones geológicas, topográficas del suelo que, en conjunto con sistema de información geográfica, permiten representar la variación de escorrentía para cada microcuenca en función a las diferentes categorías de uso de suelo desde el año 2010 hasta 2014. El resultado de este trabajo servirá en la cuantificación del balance hídrico para determinar la oferta y demanda hídrica.

Palabras clave: capacidad de campo, potencial máximo de retención, relación precipitación-escorrentía, método número de curva.

ABSTRACT

The micro-basins of the Chibunga and Guano rivers are located within the sub-basin of the Chambo river, extending from the thaw of the Chimborazo, passing through the cities of Guano and Riobamba respectively and ending in the Chambo river, these rivers are considered a hydrological forcing and geological limit of the aquifer located in this sub-basin.

For this reason, the present investigation has as objective the study of the field capacity in the micro-basins of the Chibunga and Guano rivers, determining the maximum retention potential, that is, the saturation of water in the soil, addressing the change of precipitation to runoff through the correlations between the characteristics of the soil and its vegetation, in this way, in the Chibunga River Páramo category, it records the highest value of maximum retention potential with 72 mm and a precipitation-runoff ratio of 29% in the year 2010, 26% for 2011, 22% for 2012, 16% for 2013 and 19% in 2014, on the other hand, the River Guano category Eucalyptus Forest records the highest retention value with 298 mm and a rainfall - runoff ratio of 58% for 2010, 12% for 2011, 41% for 2012, 35% for 2013 and 13% in 2014, in addition, zero retention occurs in the categories Humedales, Urban Zone, Snow and Water in the two micro-basins, being a proportional relation in the transformation of precipitation to runoff.

Likewise, the curve number method designed by the *United States Soil Conservation Service* (USSCS) was used, this being an empirical model that relates the vegetation cover and the geological, topographic conditions of the soil that, together with the geographic information system, allow to represent the variation of runoff for each microbasin according to the different land use categories from 2010 to 2014. The result of this work will be in the quantification of the water balance to determine the water supply and demand.

Keywords: field capacity, maximum retention potential, precipitation-runoff relationship, curve number method.



Reviewed by: Maldonado, Ana
Language Center Teacher



1. INTRODUCCIÓN

El ciclo hidrológico es el proceso de circulación de agua en la tierra, por tanto es importante el estudio del agua superficial y subterránea, para entender de forma global el ciclo y su interrelación con el ambiente (Barbecho & Calle, 2012). En este sentido, el manejo de una cuenca debe estar orientado al aprovechamiento racional de sus recursos; es decir, ordenar y distribuir espacialmente el uso de los mismos (Zambrana, 2008). Esto se debe porque una cuenca tiene implicaciones ambientales, sociales, económicas y culturales en la distribución del recurso hídrico (Hurtado, 2015). Por otra parte, en Ecuador las cuencas hidrográficas en su mayoría no tienen un manejo apropiado de conservación, ocasionando alteraciones en el ciclo hidrológico, generando de acuerdo a la zona poca retención de humedad, erosión e inundaciones en los periodos de lluvia y escasez de agua en los periodos de estiaje (Ojeda, 2017).

El escurrimiento superficial es parte del ciclo hidrológico, este se da por la excedencia de agua que no se filtra, recogándose en los cauces secundarios y al final en el cauce principal, hasta llegar a la desembocadura (Cahuana & Yugar, 2009). Este proceso cuando no tiene un control adecuado constituye un problema ambiental crítico, porque favorece la erosión hídrica del suelo, desborda el lecho del río, aumenta la carga de sedimentos y por arrastre provoca contaminación en el agua (Freebairn, Silburn, & Loch, 1989). En este sentido se han desarrollado diversas técnicas de estudio, tanto empíricas como de campo (Chow V. T., 1994), este tipo de técnicas permiten conocer el volumen de escurrimiento en una zona determinada para dar una adecuada gestión del agua (Mendoza, 2015), permitiendo así, diseñar apropiadamente estructuras de aprovechamiento y control del recurso hídrico. La escorrentía superficial y subterránea dependen de las características hidráulicas en el subsuelo como la conductancia hidráulica y la porosidad, las que se distribuyen conforme a las condiciones geológicas y topográficas del suelo (Lee, Lee, Yoon, & Eunhee, 2015). Es así que, el cálculo de la escorrentía se puede calcular a partir de eventos de precipitación utilizando correlaciones entre las características del suelo y su vegetación, además toma en cuenta la interacción de los diferentes componentes del sistema natural (Pacheco, Ortiz, & Hernández, 2018).

Por otra parte, la información hidrometeorológica en las cuencas hidrográficas es limitada en cuanto a una base de datos pluviales y fluviales de varios años, esto se debe a que no existe una buena red hidrometeorológica en el país (Merino, 2015), estos datos son necesarios en la modelación hidrológica para los balances hídricos en el cálculo de oferta y

demanda hídrica (Mendoza, 2015). Por los que, es aceptable aplicar modelos empíricos que arrojen datos aproximados de la realidad hidrológica de una zona, en el caso de la escorrentía se utiliza el método Número de Curva (Cordova, 2016), el mismo que ha sido aplicado en varias zonas del Ecuador, con datos de realidad diferentes, ya que se aplica el modelo de USSCS, abordando el cambio de precipitación a escorrentía con valores de la capacidad de campo con la realidad del país, datos de literatura.

Por tanto, el objetivo de este trabajo es determinar la capacidad de campo, considerando las características físicas del entorno, además, el uso del suelo y la cobertura vegetal, para dar valores cuantitativos en el cálculo de CN, esto para las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano ubicadas en la provincia de Chimborazo. Este tipo de trabajos ayudan a la cuantificación del balance hídrico en una cuenca, para así determinar de manera más eficiente la oferta y demanda hídrica.

1.1. Problemática

Durante las últimas décadas la presión ejercida sobre el ambiente ha aumentado aceleradamente produciendo el deterioro gradual de los recursos, como ejemplo en el suelo se evidencia zonas con procesos erosivos y otras prácticamente han cambiado su composición original (Mendoza, 2015). Las evidencias de esta situación se manifiestan en altos índices de contaminación de agua, tasas elevadas de deforestación, acelerados procesos de erosión y acentuación en el régimen de escurrimiento (Prieto, 2009).

Debido a la ausencia de este tipo de estudios se ha fomentado el uso de parámetros a base de cálculos teóricos, dando una evaluación con alto grado de incertidumbre en los resultados obtenidos tanto en la modelación de escorrentía y consecuentemente la poca precisión y exactitud en las categorías hidrológicas utilizadas para el balance hídrico. De tal manera la falta de información actualizada con respecto al cambio del uso de suelo y el deterioro de la cobertura vegetal a lo largo de las microcuencas, ha generado el interés en realizar un estudio que abarque los factores que se encuentra interviniendo con la interrelación de la precipitación y escorrentía (Bravo, 2017).

En la provincia de Chimborazo, en la subcuenca del río Chambo se localizan las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano, las mismas no cuentan con estudios hidrológicos e hidrogeológicos, que permitan conocer la interrelación que existe entre la precipitación-escorrentía, limitando el conocimiento de sus características físicas y geológicas, perjudicando de esta manera la toma de decisiones por parte de las autoridades

encargadas en la gestión integral de los recursos hídricos dentro de la provincia ya que no se observan estudios de oferta y demanda hídrica (Mendoza, 2015).

1.2. Justificación

La relación precipitación-escorrentía ha sido objeto de análisis, permitiendo la formulación de modelos de simulación capaces de generar predicciones a futuro de los comportamientos de una determinada cuenca hidrográfica. Estos modelos han desempeñado un papel importante en la toma de decisiones técnicas como la prevención y mitigación de emergencias entendidas como inundaciones, la ordenación del territorio, el desarrollo de fuentes alternativas de energía e incluso el diseño de obras civiles (Aguilar & Páez, 2015); siendo así, la determinación de los parámetros de escurrimiento son de vital importancia en el diseño de estructuras hidrológicas e hidráulicas (Córdova, 2016).

En Ecuador, hasta el momento no se han registrado, acciones ni medidas que permitan prevenir de forma más eficiente los impactos que derivan de desastres naturales. Siendo éstos un riesgo latente, dadas las particulares características geográficas de nuestro país (GAP El Oro, 2007); además, en las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano no se cuenta con una base de datos idónea por tal motivo se fomentó el interés de proporcionar información real, la cual será utilizada como base para futuras investigaciones relacionadas con la capacidad de infiltración y la aplicación del Método del Número de Curva en las zonas de estudio, además de la corrección de errores durante la modelación de la escorrentía y el aumento en la precisión y exactitud de las categorías hidrológicas que serán empleadas en estudios posteriores.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general:

- Determinar la capacidad de campo de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano.

2.2. Objetivos específicos:

- Definir el uso de suelo y la cobertura vegetal de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano.
- Obtener los valores para el cálculo de parámetros para el número de curva (CN).
- Determinar la capacidad de campo especial de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano.

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. Cuenca Hidrográfica

Es el espacio geográfico delimitado por el parteaguas, cuyos aportes hídricos naturales son por las precipitaciones que se reúne y escurre a un punto común es decir hacia la desembocadura (Mendoza, 2015). En esta área viven seres humanos, animales y plantas, todos ellos interactuando entre sí (Centeno, 2015).

3.2. Categorías Hídricas

A continuación, se presenta una breve descripción de cada elemento constitutivo del ciclo hidrológico (Gaspari, 2013):

Precipitación sobre el cauce.- la precipitación que cae directamente sobre el curso de agua es la primera en formar el escurrimiento de la cuenca y en llegar a la salida (Gaspari, 2013).

Intercepción por la vegetación.- la intercepción por la vegetación es alta al inicio de la lluvia (vegetación seca) y va disminuyendo con el tiempo hasta un valor constante mínimo, equivalente a la pérdida de agua por evaporación desde el follaje (Gaspari, 2013).

Infiltración - Percolación.- el agua que alcanza al suelo a partir de una precipitación, puede ser infiltrada y/o puede ser almacenada en el suelo para posteriormente percolar como agua gravitacional a capas edáficas más profundas (Gaspari, 2013).

3.3. Cobertura de la Tierra

La cobertura comprende todo lo que ocupa un espacio determinado dentro de un ecosistema y su conocimiento es indispensable para definir, determinar y cartografiar unidades ecológicas homogéneas (Centeno, 2015). Para ello, existen diferentes tipos de cobertura los

cuales se agrupan en clases de acuerdo con sus características, y estas últimas, se agrupan en unidades que en su orden jerárquico son vegetal, degradada, hídrica y construida (CRC, 2012).

3.4. Sistemas de Información Geográfica

Los SIG han sido utilizados en estudios de tipo científico y en especial en los de tipo ambiental, con el objetivo de visualizar datos y modelarlos en bases de datos, apoyados de procesos de teledetección, por ejemplo en estudios de tipo ambiental (Atención y Prevención de Desastres, Coberturas y usos de la Tierra, Planificación, Planes de ordenamiento de cuencas Hidrográficas, etc.) (Grande, 2015).

El objetivo principal de los SIG es desarrollar información válida para la toma de decisiones, permitiendo al usuario, conocer las características de un determinado territorio (Bravo, 2017). A su vez, cumple con objetivos secundarios que los llevará a alcanzar el principal, los cuales son: manejar bases de datos grandes y heterogéneas referenciadas geográficamente, indagar sobre la existencia de ciertos fenómenos, permitir una interacción más flexible entre el sistema y el intérprete, aumentar el conocimiento sobre los fenómenos estudiados y lograr la modelación de sus comportamientos (Figura 1) (Rosete, 2009).



Figura 1. Esquema operativo de Satélites de Observación

Fuente: (Suárez, 2014)

3.5. Sistemas de Teledetección

Las técnicas de teledetección nos permiten obtener procesos de observación a distancia y la obtención de imágenes de la superficie terrestre obteniendo imágenes producto de sensores remotos instalados en plataformas satelitales (satélites artificiales) o desde aeronaves tripuladas y no tripuladas (Bravo, 2017). Estos procesos permiten obtener insumos que facilitan la observación de la tierra, procesos de planificación y toma de decisiones sobre la utilización de los recursos naturales (Grande, 2015).

3.6. Clasificación de imágenes satelitales

La interpretación de imágenes satelitales multiespectrales, es de gran utilidad para analizar información de la superficie terrestre; partiendo de la clasificación de la cobertura del suelo de determinadas zonas (Chuvienco, 1995), es posible realizar diversos estudios como análisis de riesgos, determinación de amenaza por inundación, por fenómenos de remoción en masa, o por incendios, estudios de erosión, análisis multitemporales, estudios geológicos, estudios de zonificación agrícola, planes de ordenamiento territorial, estudios de conservación del suelo, entre otros (Girón & Patarroyo, 2016). Generalmente, existen dos enfoques para la clasificación de imágenes: la clasificación supervisada y no supervisada (Bravo, 2017).

3.7. Clasificación supervisada

Este método es bastante útil cuando se posee un conocimiento previo de la zona que comprende la imagen a trabajar, ya que se definen manualmente las áreas de entrenamiento que deben ser significativas con la cantidad de categorías que se pretenden generar (Rosete, 2009). Para ello, aquellas áreas tienen que ser correctamente identificadas y cubrir todas las clases, ser homogéneas, altamente correlacionadas y se realizan análisis estadísticos univariado para verificar y controlar que los valores se asemejen a una distribución normal (Corrales Andino, 2014). Entre los algoritmos clásicos se destacan: Clasificador por mínima distancia, por paralelepípedos y por máxima probabilidad (Acosta, 2017).

3.8. Clasificación no supervisada

Método que realiza una búsqueda automática agrupando valores uniformes dentro de una imagen; es decir, a partir de los niveles digitales crea varios “cluster” con píxeles que tienen un comportamiento espectral similar (Teledet, 2017). Es importante señalar que el analista debe indicar cuál es el significado temático de las clases espectrales generadas, puesto que el programa no lo detecta y puede establecer categorías de poco interés para el proyecto (Borràs, y otros, 2017).

3.9. Métodos de Clasificación

3.9.1. Mínima distancia

Con este clasificador los datos de entrenamiento se utilizan sólo para determinar la media de las clases seleccionadas como regiones de interés (Borràs, y otros, 2017). De esta manera, el programa efectuará la clasificación ubicando cada píxel no identificado en la clase cuya media se encuentra más cercana para lo cual puede utilizar la distancia euclidiana entre el

pixel y el centro de cada clase (Bravo, 2017). Aunque simple desde el punto de vista computacional este algoritmo tiene ciertas limitaciones, entre ellas la insensibilidad a los diferentes grados de varianza en las respuestas espectrales de las diferentes clases (Teledet, 2017).

3.9.2. Máxima verosimilitud

El método de clasificación por Máxima Verosimilitud (ML) o máxima probabilidad (Figura 2) parte del supuesto de que los valores de reflectividad en cada una de las clases siguen una distribución de probabilidad normal multivariante (Corrales Andino, 2014). Por tal razón, se utiliza entonces el vector de medias y la matriz de varianzas-covarianzas para estimar la probabilidad de que un pixel dado pertenezca a cada una de las clases (Tso & Mather, 2009). Por otra parte, frecuentemente se utiliza un enfoque bayesiano y se incluye también la probabilidad a priori de que un píxel pertenezca a una clase determinada, debido a que algunas categorías cuentan con una superficie mayor, y por lo tanto la probabilidad de que una celdilla pertenezca a ella es, a priori, mayor (Toro, Gomariz, Cánovas, & Alonso, 2013).

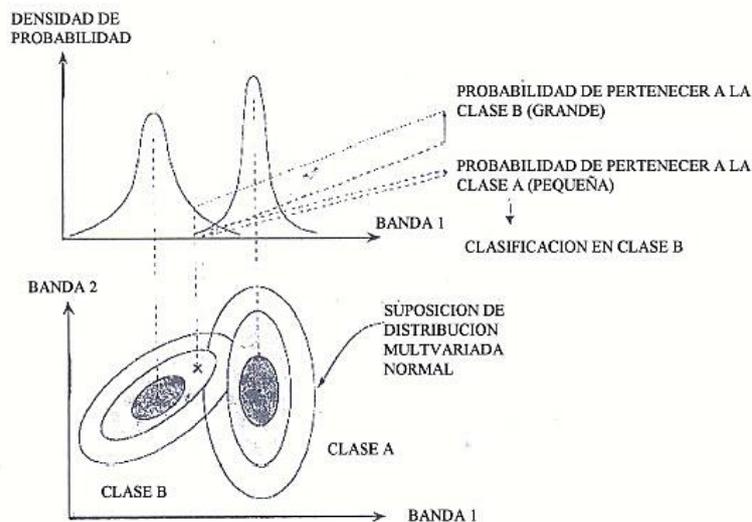


Figura 2. Criterio de decisión en el método Máxima probabilidad

Fuente: (Teledet, 2017)

3.10. Matriz de confusión.

La matriz de confusión, también llamada tabla de contingencias, consta de una tabla de doble entrada, que confronta los valores reales con los resultados de la clasificación (Chuvieco, 1995). La diagonal de la matriz nos muestra la cantidad de píxeles reales y de la clasificación que coinciden por categoría, mientras que los restantes, nos vienen a decir aquellos que se confunden con otras categorías (Cahuana & Yugar, 2009). Es decir, en sentido vertical se

representa el porcentaje de píxeles reales que se confundieron en la verdad-terreno, y en sentido horizontal el porcentaje de píxeles (Borràs, y otros, 2017).

3.11. Coeficiente Kappa

Las medidas de exactitud que acabamos de considerar, aunque simples de usar están basadas sean en la diagonal principal, sea en las filas y columnas de la matriz de confusión solamente (Centeno, 2015). Estas medidas no aprovechan la información contenida en dicha matriz considerada en conjunto (Cahuana & Yugar, 2009). Más aún, puede ocurrir que una distribución totalmente aleatoria de los píxeles en las clases pueda conducir a resultados aparentemente correctos en la matriz de confusión (Teledet, 2017).

3.12. Coeficiente de correlación de Pearson (R).

La Tabla 1, indica el coeficiente de correlación de Pearson como la medida con al que se puede describirse la eficacia con que una categoría es explicada por otra (Alonso, 2001). Este coeficiente se denota con la letra R y es la raíz cuadrada del coeficiente de determinación R^2 (Quillatupa & Cárdenas, 2016).

Tabla 1. Rango de valores del coeficiente de correlación de Pearson

Valor	Significado
-1	Correlación negativa grande y perfecta
-0.9 a -0.99	Correlación negativa muy alta
-0.7 a -0.89	Correlación negativa alta
-0.40 a -0.69	Correlación negativa moderada
-0.20 a -0.39	Correlación negativa baja
-0.01 a -0.19	Correlación negativa muy baja
0	Correlación nula
0.01 a 0.19	Correlación positiva muy baja
0.2 a 0.39	Correlación positiva baja
0.4 a 0.69	Correlación positiva moderada
0.7 a 0.89	Correlación positiva alta
0.9 a 0.99	Correlación positiva muy alta
1	Correlación Positiva grande y perfecta

Fuente: (Quillatupa & Cárdenas, 2016)

3.13. Porosidad del Suelo

Dentro del espacio poroso se pueden distinguir macroporos y microporos (Mendoza, 2015). Los primeros no retienen el agua contra la fuerza de la gravedad, y por lo tanto son los responsables del drenaje y la aireación del suelo, constituyendo, además, el principal espacio en el que se desarrollan las raíces, los segundos son los que retienen agua, parte de la cual es disponible para las plantas (López & Zamora, 2016). Del mismo modo, las características del espacio poroso, dependen de la textura y la estructura del suelo, además la porosidad se expresa como el porcentaje del volumen del suelo ocupado por poros o lo que es lo mismo, el porcentaje del volumen del suelo no ocupado por sólidos (Rucks, 2004).

Según Calvache (2010), indica la existencia de diferentes límites de los poros del medio edáfico (Tabla 2), pudiendo tomarse como válidos los de la siguiente clasificación:

Tabla 2. Tipos de poros, tamaño y función

Denominación	Tamaño (mm)	Función
Poros grandes (gruesos)	1000-60	Aireación infiltración
Poros medios	60-10	Conducción del agua
Poros pequeños (finos)	10-0,2	Almacenamiento agua útil
Sup. Higroscópica (m.finos)	<0,2	Retención agua higroscópica

Fuente: (Calvache U. M., 2010)

La porosidad es un índice del volumen relativo de poros en el suelo, este valor se encuentra por lo general en el rango 0.3 – 0.7 (30 – 70 %): La porosidad P [%] evaluada en términos porcentuales se determina por medio de la Ec.1 (Calvache U. M., 2010):

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

Donde: **P**: porosidad total de la muestra del suelo [%]; **Da**: Densidad aparente del suelo, [g/cm³]; **Dr**: densidad real de las partículas [g/cm³].

3.14. Coeficiente de Permeabilidad

La permeabilidad definida cualitativamente expresa la facilidad del suelo para conducir o transmitir fluidos (Alonso, 2001). Cuantitativamente se define como la propiedad del medio poroso, independiente del fluido usado para medir y, por consiguiente, de la viscosidad de este (Gómez & Gacitua, 2014), entonces, resulta útil en la caracterización del sitio en la construcción, a la agricultura, como indicador de la presencia o no de aguas subterráneas para consumo humano y, últimamente, como indicador de degradación del suelo (Gómez & Gacitua, 2014).

Las observaciones sobre la textura del suelo (Tabla 3), su estructura, consistencia, color y manchas de color, la disposición por capas, los poros visibles y la profundidad de las capas impermeables como la roca madre y la capa de arcilla, constituyen la base para decidir si es probable que las mediciones de la permeabilidad sean representativas (FAO, 2016).

Tabla 3. Clases texturales del suelo dependiendo de su permeabilidad

Permeabilidad	Textura y Perfil	Comportamiento físico	Color y manchas de color
Muy rápida	Suelos de textura gruesa o gravosa.		Color brillante.
Permeabilidad rápida.	Suelos de textura mediana		Materia orgánica suele ser moderado o bajo
Permeabilidad moderada	Horizonte de textura moderadamente fina.	La contracción, no es muy pronunciada.	Moderadas manchas de color.
Permeabilidad moderada	Horizonte de textura moderadamente fina.	La contracción, no es muy pronunciada.	Moderadas manchas de color.
Permeabilidad lenta.	Arcillosa o arcillosa limosa, Limo, capas limosas.	La contracción y el agrietamiento son menos pronunciados.	Las manchas de color son moderadamente intensas.
Permeabilidad muy lenta.	Capas endurecidas a diferencia de las capas de arcilla.	Capas endurecidas que no se agrietan o rompen.	Por lo general, con manchas de color.

Fuente: (FAO, 2009)

3.15. Ley de Darcy

El movimiento del agua en el suelo se expresa por el flujo de agua (cantidad de agua que pasa por una unidad de área en un tiempo dado) que se describe por la Ley de Darcy, determinada por la Ec.2 cuyas unidades de medición para flujo de agua son m/s, cm/s, mm/día (Silva, Silva, Garrido, & Acevedo, 2015).

$$J = \frac{Q}{At} = -K \frac{\Delta\Psi}{\Delta x} \quad \text{Ec.2}$$

Donde: **J**: flujo (m/s); **Q**: cantidad de agua (m³); **ΔΨ**: Diferencia de potencial hídrico (cm); **A**: área (m²); **Δx**: Distancia (cm); **t**: tiempo (s); **ΔΨ/Δx**: Gradiente de potencial hídrico; **K**: conductividad hidráulica (m/s).

3.16. Método del U.S. SCS (Soil Conservation Service of USA)

El número de curva es un parámetro hidrológico que permite caracterizar el potencial de escorrentía en una cuenca hidrográfica y se determina a partir de algunas características físicas del territorio como el tipo, la densidad y el tratamiento de las coberturas, así como por el grupo hidrológico de suelo (Almánzar, 2011). Para ello se debe analizar la escorrentía, considerada como el agua que aparece en las fuentes superficiales y es uno de los procesos del ciclo hidrológico que más atención requiere debido a sus efectos en la conservación y degradación de los recursos naturales (Almánzar, 2011). Por otra parte, la búsqueda de una relación simple entre la precipitación (*P*) y el escurrimiento (*Q*) directo ha sido una de las tareas básicas de los modeladores de los procesos hidrológicos en cuencas o en parcelas experimentales (Alonso, 2001). Este trabajo, es particularmente crítico cuando la información de precipitación disponible en la mayoría de las cuencas hidrográficas sólo existe a nivel diario, así, el SCS; actualmente llamado NRCS (Natural Resources Conservation Service) planteó en la década de los cuarenta una aproximación práctica a la relación entre la precipitación y el escurrimiento directo representado en la Ec.3 (Paz, 2009).

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{P + 0,8 S} \quad \text{Ec.3}$$

Donde: la escorrentía **Q** es una función de la porción de lluvia **P** y el potencial máximo de retención **S**, todos en pulgadas o milímetros (Carvajal, 2017).

3.17. Cálculo de CN

Estos complejos derivaron de la tabulación cruzada en formato digital espacial obtenida por el procesamiento de los mapas de suelos y geomorfología, generando los grupos hidrológicos (GH) (Aguilar & Páez, 2015). Para la definición de los GH de suelos se utilizaron las clases texturales (USDA) y el diagrama triangular con las curvas de conductividad hidráulica a saturación (USDA), además, el número de curva es una relación del parámetro umbral de escorrentía (P_0) (Gaspari, 2009), de tal forma su expresión es la siguiente Ec.4:

$$CN = \frac{5000}{(50 - P_0)} \quad \text{Ec.4}$$

Donde: **P₀**: Escorrentía

3.18. Clasificación de coberturas

Un grupo hidrológico de suelo (GHS) es un conjunto de suelos que tiene similar comportamiento frente a la generación de escorrentía y se clasifica en una de las siguientes categorías (NRCS, 2009) :

Grupo A.- son suelos predominantemente arenosos, donde el agua se transmite libremente a través del perfil y por ende tienen un bajo potencial de escorrentía cuando están completamente húmedos.

Grupo B.- son suelos con texturas moderadamente finas a moderadamente gruesas que tienen un potencial de escorrentía moderadamente bajo cuando están completamente húmedos.

Grupo C.- son suelos con una capa que limita el movimiento vertical del agua y texturas de moderadamente finas a finas. El potencial de escorrentía es moderadamente alto cuando están húmedos.

Grupo D.- son suelos con alto potencial de escorrentía y tasas de infiltración muy bajas. Las texturas son arcillosas, el nivel freático es alto o son suelos poco profundos, asentados sobre material impermeable (FAO, 2016). Por otro lado, las condiciones de cobertura en una cuenca se caracterizan a través del tipo de cobertura, la densidad de la vegetación, también llamada condición hidrológica, y el tratamiento del terreno en las zonas de cultivo (NRCS, 2009).

3.19. Clases de usos y tratamientos del suelo

La evaluación de un uso o tratamiento se hace con respecto a sus efectos hidrológicos, esto significa que cuanto más uso o tratamiento de la tierra, aumentan la retención total, tanto más descenderá en la escala de producción de avenidas (Chuvieco, 1995). Los usos o tratamientos principales son (Quillatupa & Cárdenas, 2016):

Rotación de cultivos. - las buenas rotaciones contienen alfalfa u otras legumbres que se siembran muy juntas, o pastos, para mejorar la textura de la tierra y aumentan la infiltración. Las buenas rotaciones entonces aumentan la infiltración y las malas la disminuyen.

Cultivos en hileras rectas. - en esta clase se incluyen los cultivos que siguen la mayor pendiente y los transversales en hileras rectas.

Cultivos por líneas de nivel. - son usados en cuencas experimentales con taludes 3 a 8% de pendiente.

Praderas naturales o pastizales. - las praderas malas tienen exceso de pastoreo o tienen una cubierta vegetal en menos del 50% del área. Las praderas regulares tienen una cubierta vegetal entre el 50% y el 15% del área. Las praderas buenas tienen más del 75% de cubierta vegetal y están sujetas a un pastoreo ligero.

Lotes de bosque. - se consideran tres tipos; Lotes de bosque malos, con pastoreo excesivo, que se queman regularmente, lo que destruye el arroyo, árboles pequeños y broza; Lotes de bosque regulares, con algo de pastoreo pero que no se queman; Lotes de bosque buenos, protegidos contra el pastoreo, de manera que el suelo está cubierto por arroyo y arbustos.

3.20. Condición hidrológica para la infiltración.

Está determinada por el porcentaje de cubierta vegetal en una determinada área que influirá en la intercepción de las precipitaciones, estas condiciones son (Quillatupa & Cárdenas, 2016):

- Buena. - Con cobertura mayor a 75%
- Regular. - Cobertura entre 50 y 75%
- Mala. - Cobertura menor al 50%

3.21. Capacidad de infiltración

La capacidad de infiltración es la cantidad máxima de agua que puede absorber un suelo en determinadas condiciones, es categorizada en el tiempo en función de la humedad del suelo, el

material que conforma al suelo, y la mayor o menor compactación que tiene el mismo. En este sentido, la capacidad de infiltración disminuye hasta alcanzar un valor casi constante a medida que la precipitación se prolonga, y es entonces cuando empieza el escurrimiento (Figura 3). Por otra parte, la lluvia que es superior a la capacidad de infiltración se denomina lluvia neta o lluvia eficaz (Cahuana & Yugar, 2009). Generalmente la capacidad de infiltración se la expresa mediante la Ec.5:

$$f = f_c + (f_o - f_c) \cdot e^{-kt} \quad \text{Ec.5}$$

Donde: **f**: capacidad de infiltración en un tiempo en mm/h; **f_o**: capacidad de infiltración Inicial en mm/h; **f_c**: capacidad de Infiltración de equilibrio o “capacidad de infiltración del suelo”; **t**: tiempo en horas; **k**: Constante que representa la tasa de decrecimiento de esa capacidad.

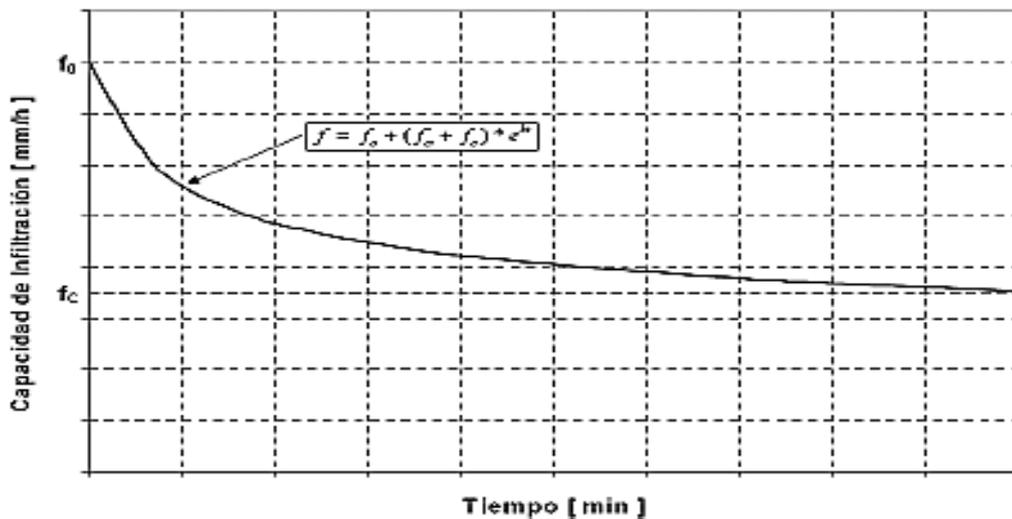


Figura 3. Curva de la Capacidad de Infiltración

Fuente: (Cahuana & Yugar, 2009)

3.22. El Potencial Máximo de retención

El potencial máximo de retención puede tomar cualquier valor entre cero e infinito y se requiere el uso de varias cifras decimales para alcanzar algún tipo de precisión, razón por la cual se opta utilizar un parámetro más conveniente que toma valores enteros y solo varía entre 0 y 100, al que llamaron número de curva (NEDC, 2011). De tal manera el número de curva (CN) está relacionado con el potencial máximo de retención por medio de la Ec.6:

$$NC = \frac{25.400}{S + 254}$$

Ec.6

Los número de curva para diferentes combinaciones de grupos hidrológicos de suelo y coberturas se pueden consultar en las tablas del NRCS (Almánzar, 2011) . Señalando que a un GHS (Grupo hidrológico de suelo) se lo define como un conjunto de suelos con comportamientos similares frente a la generación de escorrentía (Cordova, 2016).

4. METODOLOGÍA

4.1. Tipo de Investigación

La presente investigación es de tipo aplicativo cuya finalidad es determinar la capacidad de campo, a través del levantamiento de información primaria y secundaria, en las microcuencas del río Chibunga y río Guano. Con esta finalidad, se la ha desarrollado en 3 fases (Figura 4) que se describen a continuación:

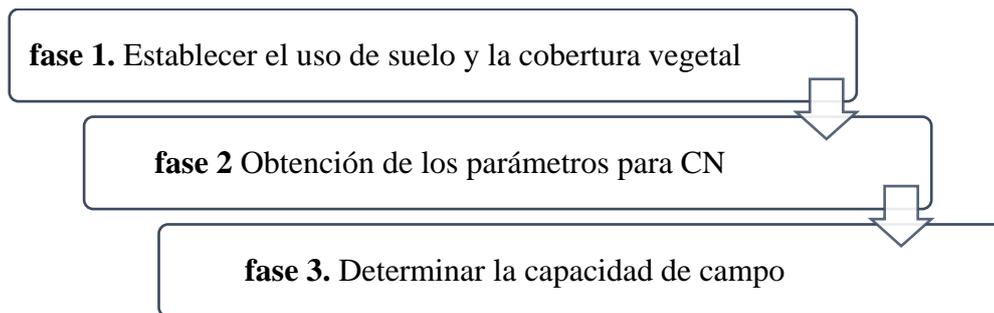


Figura 4. Fases metodológicas

Elaborado por: Los Autores

4.1.1. Establecer el uso de suelo y la cobertura vegetal

En esta fase se determinó la ubicación geográfica, el área y se identificaron los sitios de puntos de control para su validación y recolección de muestras.

Delimitación de la zona de estudio

La Figura 5, muestra el área de estudio que corresponde a las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano los cuales forman parte de la subcuenca del río Chambo en la Provincia de Chimborazo, las principales actividades que predominan son de carácter agropecuarias que definen el desarrollo económico para la mayoría de personas que viven en estas zonas.

De esta manera, la microcuenca del río Chibunga, nace de las vertientes ubicadas en las faldas del Chimborazo y desciende por los páramos del Arenal hasta llegar a zonas agrícolas

en la parroquia San Juan como las Caleras, Shobol entre otros (Telegrafo, 2013), esta microcuenca presenta una superficie de 53.125 ha siendo límite entre los cantones Riobamba y Colta (Mendoza, 2015), representa un recurso hídrico con gran incidencia en el desarrollo del cantón Riobamba, la población en las riveras utilizan en actividades como la agricultura y ganadería (Haro, 2018).

A su vez, debido a las actividades antrópicas, los ecosistemas alrededor del río están alterados, provocando disminución en cantidad y calidad hídrica, fertilidad del terreno, capacidad de retención de agua, etc. (Jaque & Potocí, 2015).

Por otra parte, la microcuenca del río Guano cuyo origen se da en las faldas del Chimborazo seguido de varios drenajes hidrográficos como son Cascajal, Chuquipogio, Abras, Puluchaca, Patulú, Igualata, Asaco entre otros, formando un drenaje tipo dendrítico (Cevallos, 2015), alcanzando una extensión aproximada de 37.061 ha abasteciendo del recurso hídrico a la ciudad de Guano (Mendoza, 2015).

Según estudios realizados el caudal y la calidad han disminuido debido a acciones antrópicas que se originan cuando el río ingresa a la zona urbana donde recibe varias descargas de efluentes sin ningún tipo de tratamiento como las aguas residuales domésticas, se ve influenciado por la demanda de necesidades de la población de elevar la producción agrícola, pecuaria, de servicios y de actividades industriales a nivel artesanal principalmente las hilanderías y las curtiembres (Caizaluisa & López, 2012).

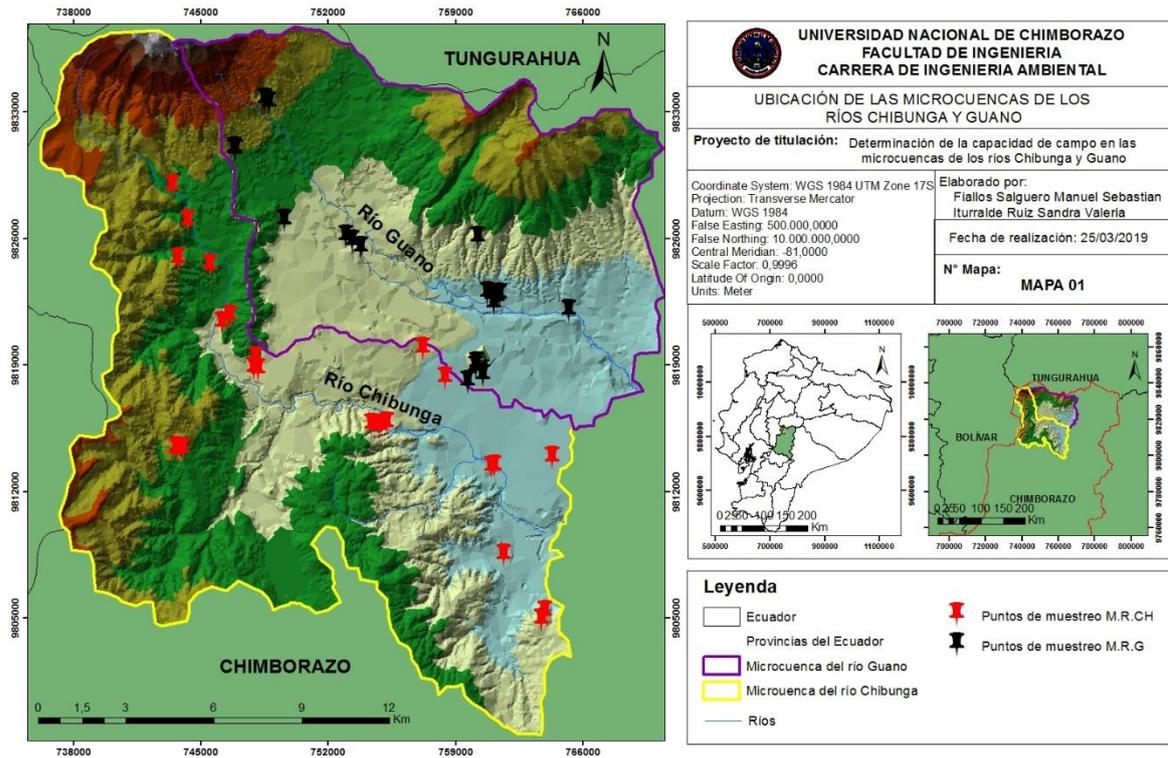


Figura 5. Mapa de la ubicación del área de estudio

Elaborado por: Los Autores

Identificación de los puntos de muestreo

Previa a la identificación de los puntos de muestreo, se realizó una tipificación de las categorías referentes al uso del suelo, a través de imágenes actualizadas provenientes del satélite Sentinel 2A, mediante el portal web Copernicus. (Copernicus, 2018). Esta actividad se realizó por medio de una sobre-posición de la capa de geología y de elevación donde se identificaron 8 categorías más representativas con respecto al uso de suelo: páramo (Pa), humedales (Hu), pasto (Ps), zona urbana (Z), bosque (Bs), nieve y agua (Na), cultivos (C), suelo erosionado (Se). Sucesivamente, para la selección de los puntos de muestreo se considera los siguientes criterios:

- Se descartaron zonas con pendientes elevadas y con poca accesibilidad.
- Zonas con alto grado hídrico para pruebas de campo.
- Se anularon las categorías de zona urbana, nieve y agua por su superficie impermeable.

La Figura 5 muestra un total de 23 puntos correspondientes a la microcuenca del río Chibunga y 21 puntos para la microcuenca del río Guano.

4.1.2. Obtención de los parámetros para CN

Para la obtención del parámetro de CN se realizó actividades de campo (*in situ*), como de laboratorio (*ex situ*). En primer lugar se determinó la capacidad de infiltración, y en segundo, se realizó la caracterización del suelo determinando permeabilidad, textura, porosidad y materia orgánica.

Análisis *in situ*

Se plantearon puntos de muestreo, considerando las diferentes categorías de uso de suelo identificadas. En estos puntos se realizaron pruebas de infiltración con ayuda del infitrómetro de doble anillo, que consiste en saturar con agua una porción de suelo limitada por dos anillos concéntricos para medir la variación del nivel del agua en el cilindro interior (Ibañez Asensio, 2012) la muestra tiene que ser lo menos perturbada posible para no alterar los resultados.

Además, en las zonas de estudio se optó por cada punto de muestreo la recolección de cinco muestras de suelo, siendo así la excavación cada 0,40 m hasta los 2 m de profundidad en un diámetro de 0,50 m.

De esta forma, el área correspondiente a la M.R.CH se tomaron un total de 115 muestras de suelos, clasificadas de la siguiente manera: páramo 15, bosque de coníferas 15, bosque de eucalipto 15, suelo erosionado 15, cultivo de hortalizas 20, cultivo de cereales 10, cultivo de almidón 5 y para la categoría pasto 20.

Por otro lado, para la M.R.G se recolectaron un total de 85 muestras distribuidas de la siguiente manera: páramo contiene 10, bosque de eucalipto 15, bosque de matorrales 5, bosque mixto 5 (coníferas & eucalipto), suelo erosionado 15, cultivo de hortalizas 10, cultivo de cereales 5, cultivo de almidón 5 y pasto con 15 muestras de suelo.

Análisis *ex situ*.

Previo la recolección de las muestras en las cercanías de los puntos de muestreo donde se llevaron a cabo las pruebas de infiltración, se tomaron un total de 2 kilos de suelo sin alterar, que fueron transportadas al Laboratorio de Servicios Ambientales para determinar la permeabilidad, textura, porosidad y materia orgánica.

La textura del suelo fue determinada de acuerdo al triángulo de clases texturales del USDA sugerido por la FAO (2016), aplicando el método organoléptico, dependiendo de su uso y cobertura vegetal (Anexo 2). Del mismo modo, se asignó valores numéricos que están dentro

de un rango de 1 a 12, siendo menores aquellos que presentan una granulometría fina como los de tipo Arcillosos, seguidos de suelos francos y limosos con granulometría media y por último las Arenas con granulometría gruesa encontrándose dentro del rango 10-12.

Para los análisis de porosidad, mismas que, está definida por el tamaño de los poros dependiendo de la textura y las actividades que se realizan dentro de la zona de muestreo, para su obtención se realiza una diferencia de pesos, tomando en cuenta el volumen del material seco (Anexo 5), esto será aplicado para cada una de las clases de suelo identificados en el área de estudio (Calvache U. M., 2010).

La permeabilidad o conductividad hidráulica (K), mostrada en Ec2, fue calculada con ayuda del permeámetro, en el cual, se miden los valores h obtenidos para diversos valores de tiempo transcurrido desde el inicio del ensayo (FAO, 2016) y de esta forma el coeficiente de permeabilidad de los suelos es entonces calculado haciendo uso de la Ley de Darcy.

Los análisis de materia orgánica nos indica la cantidad de compuestos húmicos y no húmicos que son originados por la descomposición química de restos bióticos (Gómez & Gacitua, 2014) definiendo así, la calidad del suelo. Para su cálculo se realizó una calcinación de las muestras para posteriormente calcular la diferencia de pesos y de esta manera obtener el porcentaje de compuestos orgánicos presentes en las muestras.

4.1.3. Determinación de la capacidad de campo

Cálculo de número de curva (CN)

El número de curva CN, mostradado en Ec. 4, se determinó según el método de NRCS que es una técnica desarrollada para valorar la infiltración dependiendo de las siguientes propiedades generadoras de escorrentía: el grupo hidrológico de suelo (HGS), la condición previa de humedad, el uso de la tierra y tratamiento, dentro de la cuenca hidrográfica dando un valor que estima las condiciones de suelo referente a su utilidad.

Capacidad de campo o potencial máximo de retención (S)

Teniendo como insumo los valores de los parámetros de CN se determinó la capacidad de campo o potencial máximo de retención (S) que se define como la cantidad relativamente constante de agua que contiene un suelo saturado después de 48 horas de drenaje ((FAO, 2016) para su cálculo se aplica la Ec.7:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254; (mm) \quad \text{Ec.7}$$

De esta forma existe la relación del suelo y las condiciones de cobertura dentro de las microcuencas a través de los valores de CN, por tanto, los números se muestran en una escala de 0 a 100, el valor relativo de los complejos como productores de escorrentía directa (curvas de escurrimiento). Cuanto más elevado es el número, mayor es el volumen de escorrentía directa que puede esperarse de una tormenta (Quillatupa & Cárdenas, 2016). Para ello existen tablas de número de curva de escorrentía que son empleadas dependiendo de su uso y cobertura vegetal como se muestran (Anexo 9; Tabla 10 y 11) tanto para pastizales áridos y semiáridos como para la agricultura.

Relación precipitación- escorrentía efectiva

Los valores de precipitación se obtuvieron a partir de la interpolación por el método de Kriging, mismo que se realizó con datos de 15 estaciones meteorológicas que se encontraban dentro o cerca del área de estudio, tomándose en cuenta desde el año 2010 hasta el 2014 calculando una precipitación media mensual para cada año. Del mismo modo para la escorrentía se analizó la relación del potencial máximo de retención con la precipitación de cada año obteniendo el total de caudal generado en función a la cobertura vegetal.

4.2. Flujograma de actividades

La metodología se desarrolló en base al procesamiento y georreferenciación de imágenes satelitales actualizadas, la clasificación supervisada de la imagen para obtener el uso de suelo y el análisis de los errores e incertidumbres en los mapas (Figura 7).

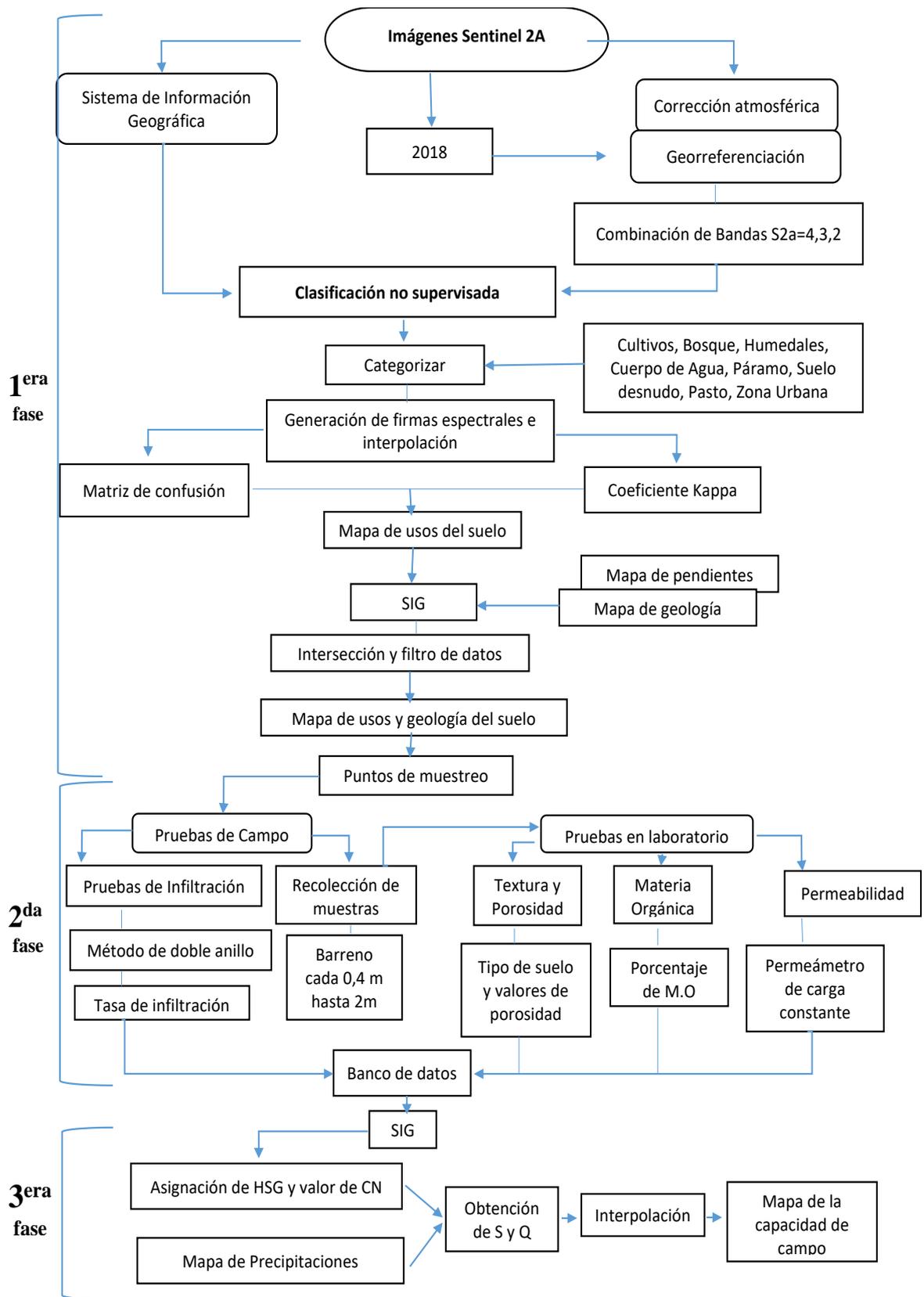


Figura 6. Flujoograma de actividades

Elaborado por: Los Autores

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Tratamiento y Corrección de la Imagen Satelital

5.2. Clasificación de Coberturas Vegetales

Utilizando el método de máxima verosimilitud como resultado de la clasificación supervisada se obtuvo el mapa de uso de suelo para las dos microcuencas de acuerdo al año de estudio (Figura 8), además como método de validación de datos se utilizó la matriz de confusión y el índice Kappa como lo sugiere Borrás (2017), demostrando la precisión de los datos planteados durante el proceso de clasificación.

Tabla 4. Comprobación de la Matriz de confusión.

Categorías	Pa	Hu	Bs	Na	Z	Se	C	Ps	Total puntos
Pa	20	13	0	0	0	0	1	0	34
Hu	8	15	0	0	0	0	0	0	23
Bs	0	0	28	12	0	0	9	1	50
Na	0	0	0	7	2	0	2	0	11
Z	0	0	0	2	24	1	0	0	27
Se	0	0	0	0	4	26	1	0	31
C	0	1	2	2	0	3	16	0	24
Ps	2	1	0	7	0	0	1	29	40
Total puntos	30	30	30	30	30	30	30	30	240

OA = 68,75%
I. KAPPA = 0,64

*Pa: Páramo, Hu: Humedales, Bs: Bosque, Na: Nieve y Agua, Z: Z. Urbana, Se: Suelo Erosionado, C: Cultivos, Ps: Pasto

Elaborado por: Los Autores

Sabiendo que el índice Kappa presenta criterios de valoración entre -1 a +1, presentando mayor nivel de concordancia los cercanos a +1 y lo contrario si estos son cercanos a -1 (Teledet, 2017) y de acuerdo a la matriz de confusión se alcanzó una precisión general, “Overall Accuracy” (OA) de 68,75 % para el año 2018, además, muestra un valor del índice kappa de 0,64 para la clasificación supervisada, mismo que se encuentra dentro de los rangos permitidos (Ministerio del Ambiente de Perú, 2014). De esta manera se generó el mapa de uso de suelo de acuerdo a las 8 categorías utilizadas, dando como resultado una representación aceptable de lo que en la realidad se encuentra el área de estudio.

5.3. Uso y cobertura vegetal del suelo en las Microcuencas.

Una vez obtenido el mapa de uso de suelo para cada microcuenca (Figura 8) se determinó que en la microcuenca del río Chibunga domina la categoría pasto, con un 25% del área total misma que, abarca los sectores de San Juan y Cajabamba con mayor concentración, seguido de la categoría cultivos con 21% del área ubicados en las parroquias de San Juan y San Luis, mientras que, para la categoría páramo, se obtuvo un 17,38% localizándose en la parte noroeste de la microcuenca dentro de un rango altitudinal que va desde los 3500 hasta los 4500 msnm.

En la microcuenca del río Guano, encontrándose como la superficie más extensa con un valor de 29,7% del área total, tenemos a la categoría de suelo erosionado, mismo que se concentran en los alrededores del cantón, seguido encontramos la categoría cultivo con un 27,67% localizándose en el parroquia San Andrés, ciudad de Guano y sus límites con la ciudad de Riobamba, por último la categoría páramo representa un 5,02% de la superficie total de la zona de estudio ubicándose en la parte noreste de la microcuenca alcanzando una altitud de 3800 hasta los 4500 msnm. La Tabla 5 muestra el área de cada categoría en cada una de las microcuencas en estudio.

Tabla 5. Área total por categoría en las microcuencas

Categoría	Microcuenca del río Chibunga		Microcuenca del río Guano	
	Área (ha)	Porcentaje Área (%)	Área (ha)	Porcentaje Área (%)
Páramo	9232,14	17,38	1859,93	5,02
Humedales	466,62	0,88	1226,72	3,31
Bosque	2992,04	5,63	2101,72	5,67
Nieve y Agua	989,93	1,86	249,45	0,67
Zona Urbana	2439,85	4,59	499,75	1,35
Suelo erosionado	12561,69	23,65	11007,9	29,7
Cultivos	11157,33	21	10253,32	27,67
Pasto	13285,55	25,01	9862,47	26,61
Área total		53125,15		37061,25

Elaborado por: Los Autores

En base a los usos de suelo determinados en las zonas de estudio y los criterios de selección se precisó las categorías: Pa, C, Bs, Ps y Se (Figura 8) de las cuales se obtienen los valores de porosidad, textura, permeabilidad y tasa de infiltración, ayudando a definir las propiedades físicas del suelo y los parámetros hidrogeológicos necesarios para el cálculo de CN.

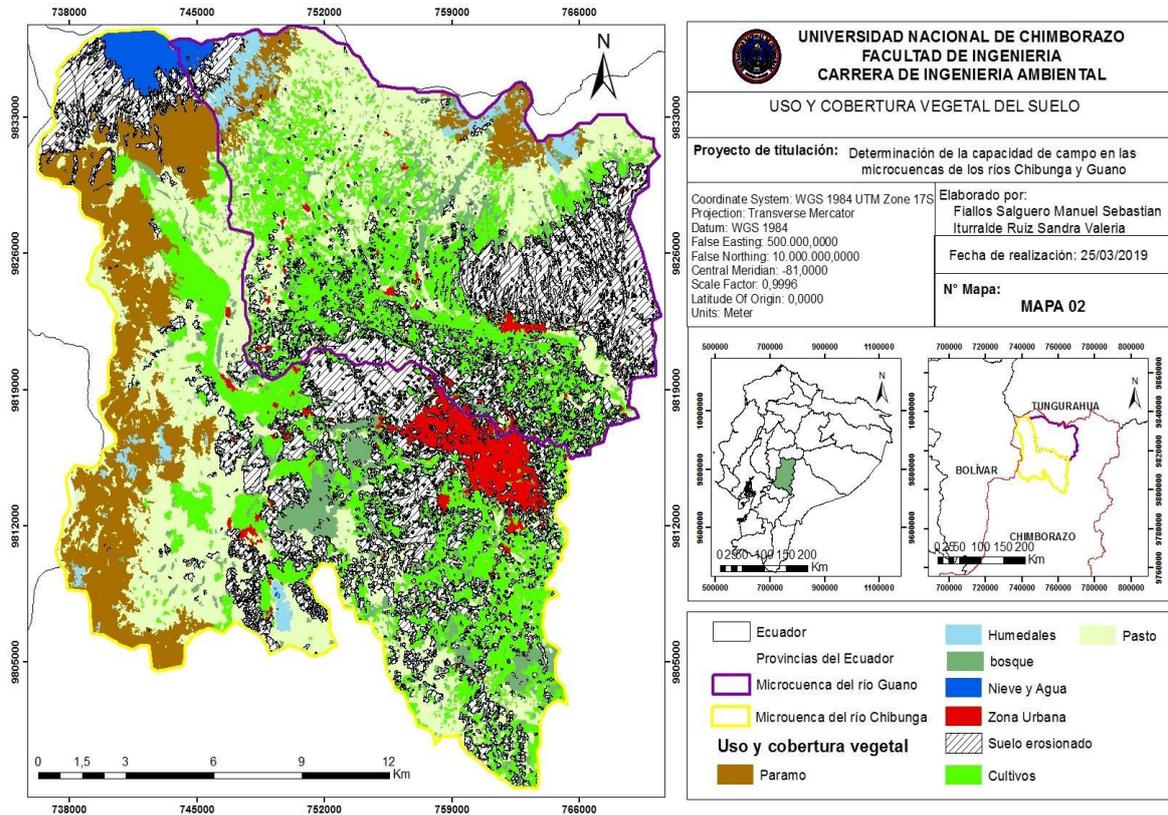


Figura 7. Mapa de uso y cobertura vegetal de las Microcuencas del río Chibunga y Guano

Elaborado por: Los Autores

5.4. Parámetros obtenidos en la microcuenca del río Chibunga

5.4.1. Análisis de la textura

Se asignó valores numéricos que están dentro de un rango de 1 a 12, siendo menores aquellos que presentan una granulometría fina como los de tipo arcillosos, seguidos de suelos francos y limosos con granulometría media y por último las Arenas con granulometría gruesa encontrándose dentro del rango 10-12 (Anexo 2). De esta forma, aplicando la metodología dentro del área de estudio se obtuvo una textura media para las categorías que van desde 1 hasta 6 situándose desde suelos arcillosos a suelos franco arcillosos.

De esta manera en la Tabla 6, se registra diferentes tipos de textura en función a las clases de cobertura vegetal que posee el suelo, de esta forma la categoría páramo cuenta con un

valor de 2, representando a los suelos de tipo arcillo limoso, en cuanto, con los bosques de eucalipto y los cultivos de cereales comparten un valor de 3 catalogados como suelos de tipo arcillo arenoso y por último los bosques de coníferas junto con suelo erosionado presentan un valor de 5 y 6 respectivamente siendo suelos de tipo franco arenoso arcilloso y franco arcilloso.

Tabla 6. Validación numérica textural para clases texturales

Clase	Textura	Textura media
Páramo	Arcilloso Limoso	2
Bosque coníferas	Franco Arenoso Arcilloso	5
Bosque eucalipto	Arcilloso Arenoso	3
Suelo erosionado	Franco Arcilloso	6
Cultivo hortalizas	Arcilloso	1
Cultivo de almidón	Arcilloso Limoso	2
Cultivo cereales	Arcillosos Arenoso	3
Pasto	Arcilloso Limoso	2

Elaborado por: Los Autores

5.4.2. Cálculo de la Porosidad

En la Figura 9, se muestran las variaciones de porosidad según su categoría, de tal forma tenemos un valor de 0,50 que pertenece a los cultivos de cereales (maíz) mismo que presenta una textura arcillo arenosa, así mismo, la categoría páramo registra un valor de 0,45 y la categoría pasto un 0,44 compartiendo una textura arcillo limoso, por último, el suelo erosionado quien presenta una textura tipo franco arcilloso dado por una porosidad de 0,53.

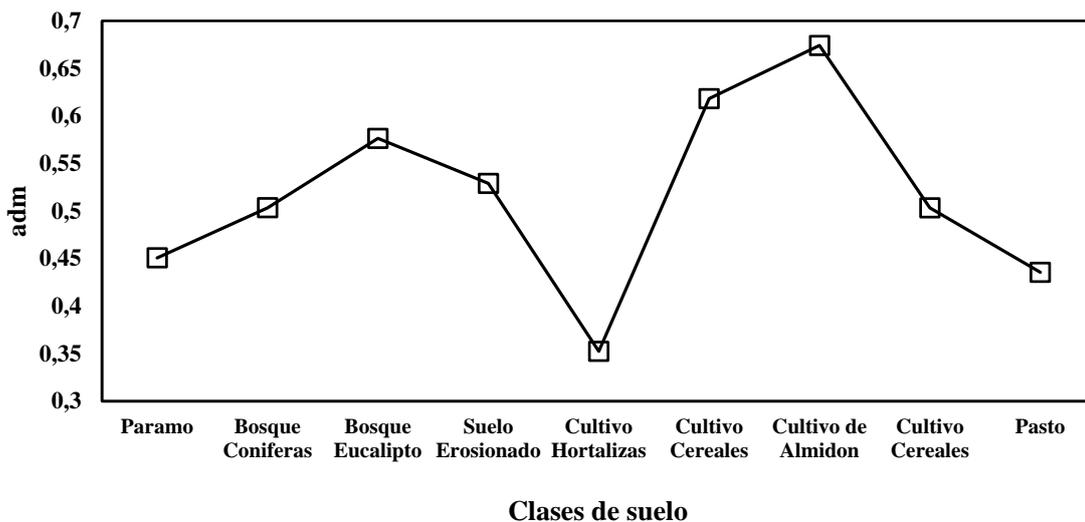


Figura 8. Resultado de la porosidad para cada una de las categorías en la M.R.CH.

Elaborado por: Los Autores

5.4.3. Permeabilidad

El valor máximo de permeabilidad o conductividad hidráulica (K) está dado para el cultivo de hortalizas con un valor de 0,00054 m/s (Figura 10), seguido por el cultivo de almidón con un valor de 0,00044 m/s presentando una permeabilidad rápida en un medio poroso grueso. Por otro lado, con valores intermedios tenemos a la variable páramo dando un valor de 0,00023 m/s, por último, tenemos el bosque de coníferas con 0,00002 m/s indicando la tenencia de una permeabilidad lenta caracterizando un medio poroso fino, mostrando el grado de saturación que posee el suelo (Anexo 6).

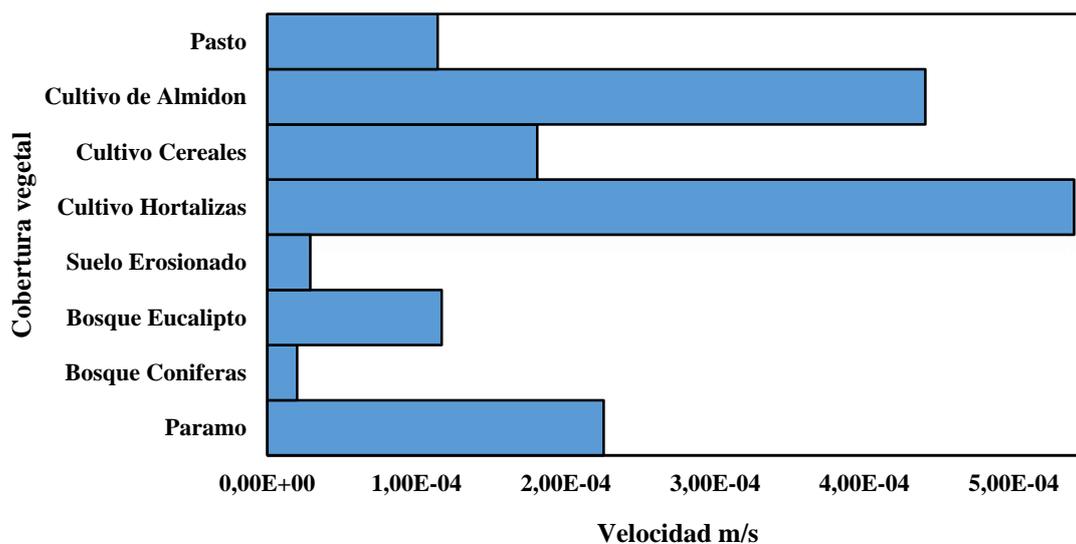


Figura 9. Resultados de la permeabilidad en la M.R.CH

Elaborado por: Los Autores

5.4.4. Capacidad de Infiltración

Esta condición de infiltración se consigue cuando el suelo ha alcanzado su capacidad de campo (Delgadillo & Pérez, 2016), de tal forma obtenemos la tasa de infiltración en mm/h, dependiendo de la clase textural alcanzando su grado de saturación en el suelo (Barbecho & Calle, 2012).

De tal manera tenemos diferentes curvas de infiltración dependiendo de la cobertura vegetal del suelo (Figura 11) por lo tanto, para la categoría páramo tenemos un intervalo de 660 hasta 179 mm/h en un periodo de 60 min. con una capacidad de infiltración de 96,50 mm/h siendo el valor más bajo debido a que presenta una textura arcillo-limosa, del mismo modo, en el bosque de coníferas tenemos un intervalo de 540 hasta 233 mm/h, obteniendo una capacidad de infiltración de 232,49 mm/h con una textura franco arenoso arcilloso, por último tenemos la variable pasto que va desde los 390 hasta 113 mm/h, dándonos una capacidad de infiltración de 108,77 mm/h mismo que está condicionado por el suelo de tipo arcillo limoso (Ver Anexo 3).

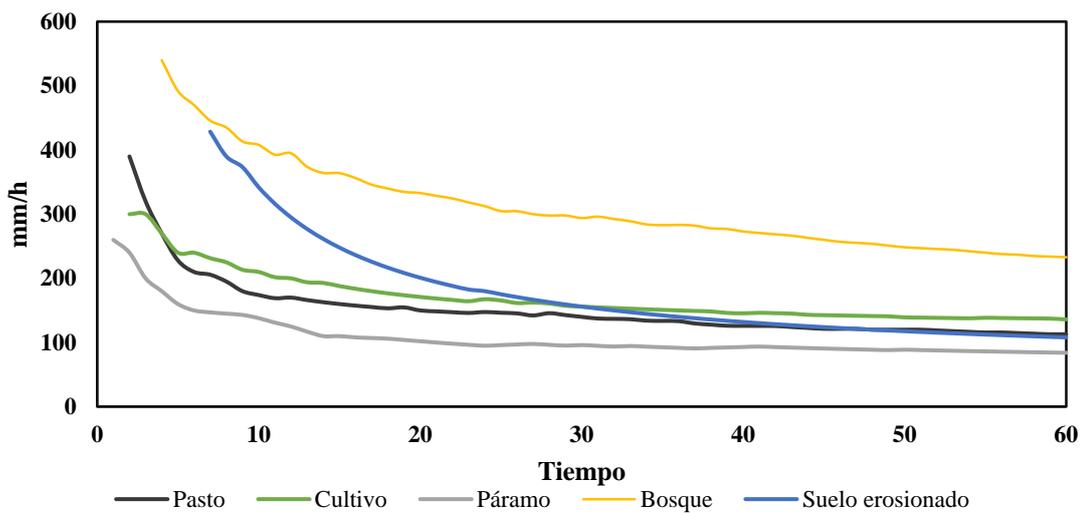


Figura 10: Capacidad de Infiltración en la M.R.CH.

Elaborado por: Los Autores

5.4.5. Materia Orgánica

La Materia Orgánica nos indica la cantidad de compuestos húmicos y no húmicos que son originados por la descomposición química de restos bióticos (Gómez & Gacitua, 2014) definiendo así, la calidad del suelo. Como resultado tenemos una mayor concentración de materia orgánica en las categorías pasto y páramo con 13,65% y 9,71% respectivamente, seguidos del cultivo de cereales con un 7,58%, por último, suelo erosionado junto con el

cultivo de almidón presentando valores de 2,02% y 1,92 % dando una concentración baja en compuestos orgánicos.

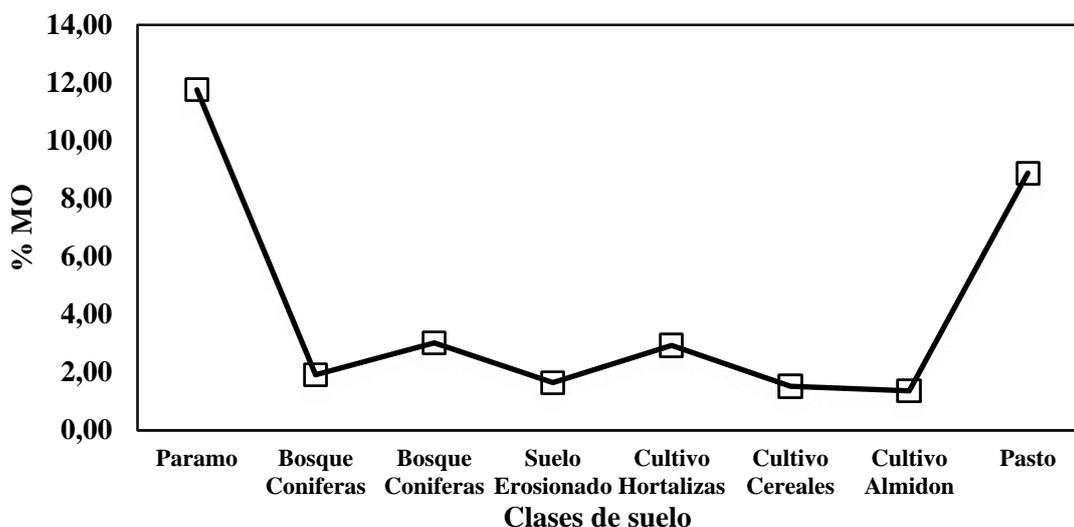


Figura 11. Porcentaje de Materia Orgánica en cada categoría

Elaborado por: Los Autores

5.5. Parámetros obtenidos en la microcuenca del río Guano

En la microcuenca del río Guano se identifican 8 clases de cobertura vegetal (Figura 8) mismas que, serán utilizadas para la obtención de parámetros físicos e hidrogeológicos en el suelo (textura, porosidad, permeabilidad, materia orgánica y la tasa de infiltración) que servirán para identificar los grupos hidrológicos en función a las características obtenidas.

5.5.1. Análisis de la Textura

En la Tabla 7, se registra diferentes tipos de texturas en función a las clases de cobertura vegetal que posee el suelo, de esta forma, para la categoría páramo está determinado con un valor de 1, representando a los suelos arcillosos, para el bosque de eucalipto está dado por el valor de 2 que representan a los suelos arcillo limosos, en cuanto a los bosques de matorrales y suelo erosionado, comparten el valor de 4 quienes están catalogados como suelos franco limoso-arcilloso y para los cultivos de hortalizas, cereales y almidón en conjunto con pasto vienen dados por el valor de 3 que representa a los suelos arcillo-arenosos.

Tabla 7. Valoración numérica para clases texturales

CLASE	TEXTURA	TEXTURA MEDIA
Páramo	Arcilloso	1
Bosque eucalipto	Arcillo limoso	2
Bosque matorrales	Franco limoso arcilloso	4
Suelo erosionado	Franco limoso arcilloso	4
Cultivo hortalizas	Arcillo arenoso	3
Cultivo cereales (maíz)	Arcillo arenoso	3
Cultivo almidón (papas)	Arcillo arenoso	3
Pasto	Arcillo arenoso	3

Elaborado por: Los Autores

5.5.2. Cálculo de la Porosidad

Como resultado del análisis en el laboratorio de las diferentes muestras de suelo en función a la cobertura vegetal se obtuvo (Figura 13; Anexo 5) que, para la categoría pasto el 0,68 de porosidad en un suelo arcillo arenoso, para los cultivos de hortalizas, cereales y almidón siendo estos los predominantes en la microcuenca valores de 0,50, 0,55 y 0,54 respectivamente en un suelo de tipo arcillo arenoso, el suelo erosionado presenta un valor de 0,49 con una textura de franco limoso arcilloso siendo la misma para el bosque de matorrales el cual obtuvo un valor de 0,39 de porosidad y por último para la clase páramo se determinó una porosidad de 0,59 en un suelo arcilloso.

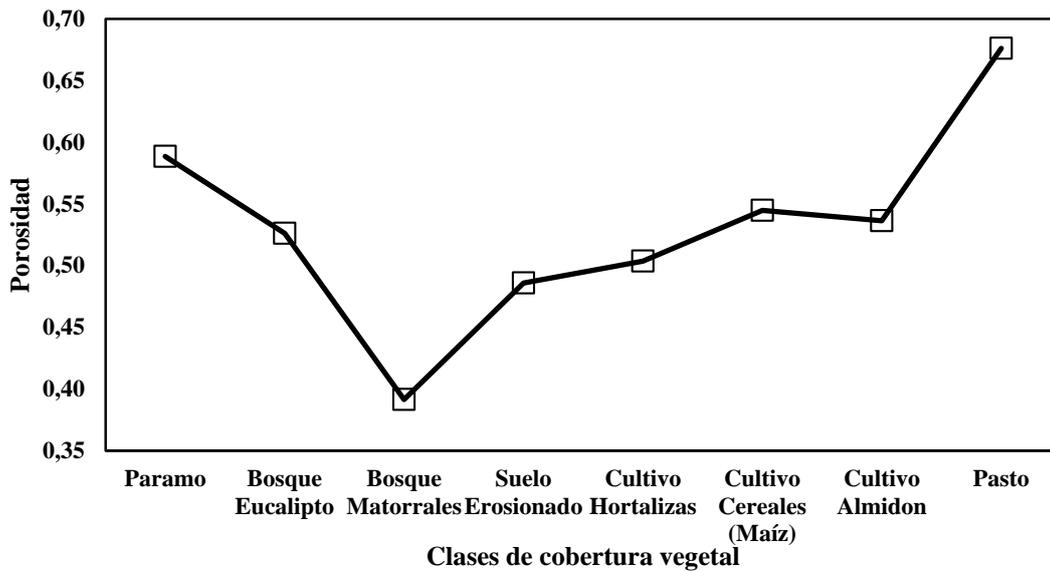


Figura 12. Resultados de la porosidad para cada una de las categorías en la M.R.G.

Elaborado por: Los Autores

5.5.3. Permeabilidad

En la Figura 14, se puede observar que los cultivos de cereales presentan la mayor permeabilidad con un 0,00044 m/s seguido de los pastos con un 0,00042 m/s, como valores intermedios tenemos al suelo erosionado representado con el 0,00022 m/s y los valores más bajos de permeabilidad son obtenidos en los bosques de eucalipto y en los cultivos de almidón con valores de 0,00015 y 0,00016 m/s respectivamente.

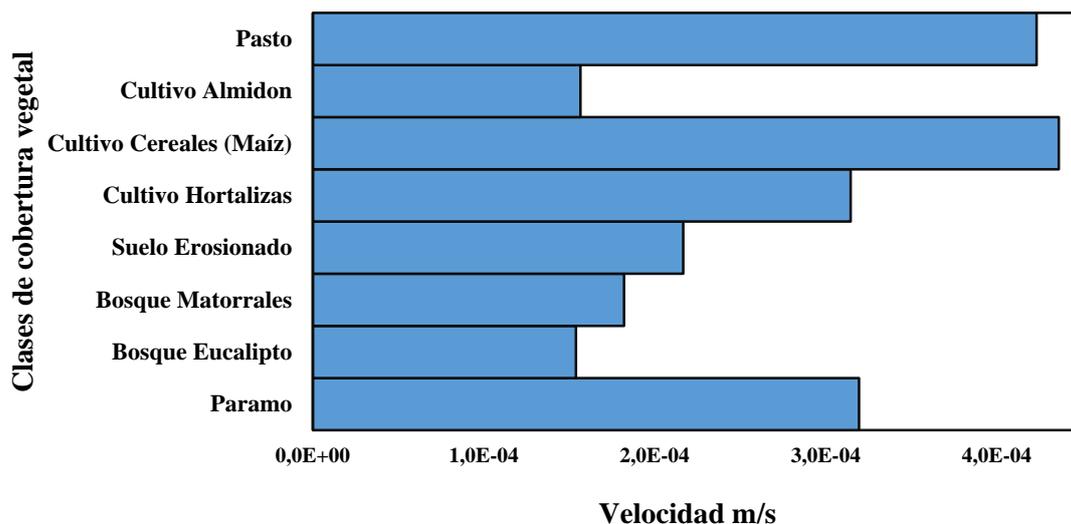


Figura 13. Resultados de Permeabilidad en la M.R.G.

Elaborado por: Los Autores

5.5.4. Capacidad de Infiltración

En la Figura 15 se observa que, para la categoría suelo erosionado se tiene una curva de infiltración que va desde los 480 hasta los 227 mm/h en un periodo de 60 min, dándonos una capacidad de infiltración de 230,5 mm/h encontrándose como la tasa de mayor rango debido al suelo franco-limoso-arcilloso, de igual forma, la categoría pasto posee un intervalo de 300 hasta los 89 mm/h, obteniendo una capacidad de infiltración de 95,1 mm/h presentando una textura arcilloso-arenoso, por último, para las categorías de bosque y cultivo tenemos un valor de 300 a 66 mm/h y de 150 a 46 mm/h respectivamente, siendo las tasas de infiltración más bajas para bosque con un 60,3 mm/h en un suelo tipo arcillo-limoso y para el cultivo con 45,9 mm/h presentándose en un suelo arcilloso-arenoso (Anexo 3).

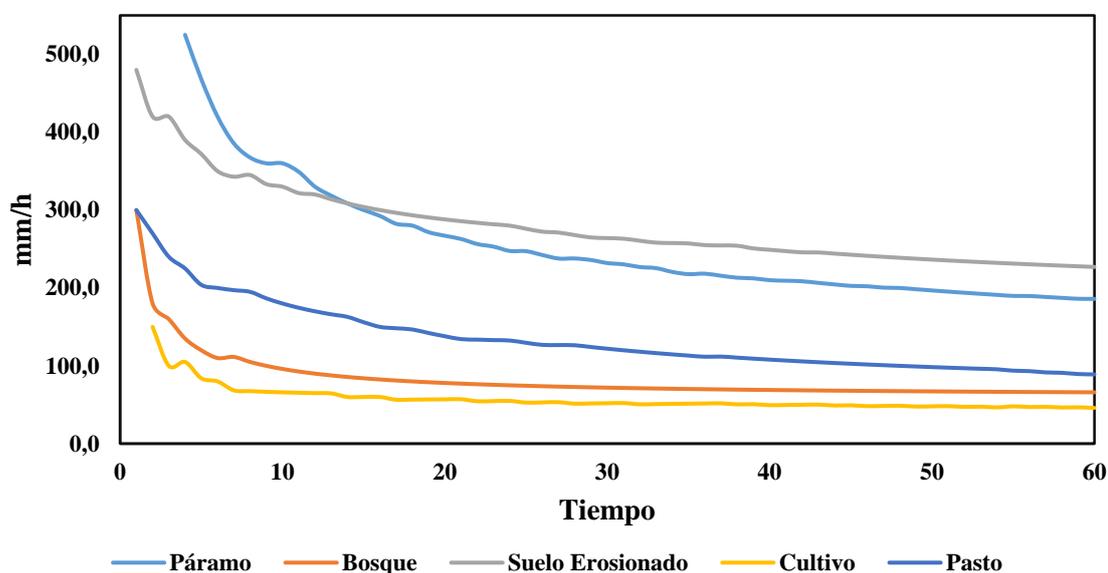


Figura 14. Capacidad de Infiltración en la M.R.G.

Elaborado por: Los Autores

5.5.5. Materia Orgánica

En la Figura 16, se muestra a la categoría páramo con valor de 11,8% puntuándose con la mayor concentración de compuestos húmicos y no húmicos, seguidos de pasto con el 8,9%, de la misma manera, tenemos el bosque de matorral con un valor intermedio de 3,02 % y por último en menor concentración se encuentra el bosque de eucalipto registrando el 1,9% y el cultivo de almidón el 1,36%.

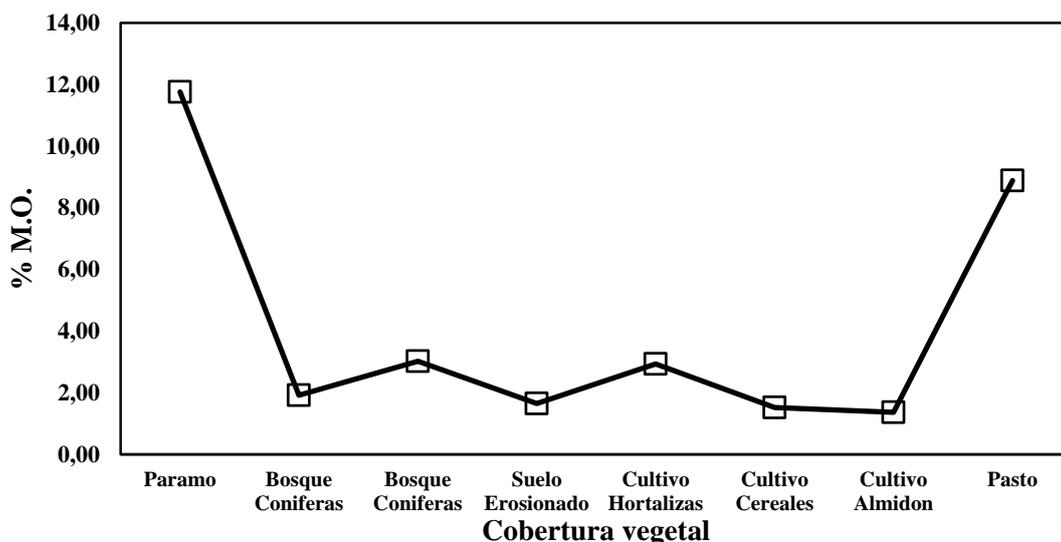


Figura 15. Porcentaje de Materia Orgánica en cada categoría

Elaborado por: Los Autores

5.6. Capacidad de campo de las microcuencas de los ríos Chibunga y Guano.

Los principales factores que condicionan CN son: el grupo de suelo hidrológico (HSG), el tipo de cobertura vegetal, el tratamiento, la condición hidrológica y la condición de escorrentía (ARC) (Alonso, 2001). Por otra parte, las tasas de infiltración de los suelos varían ampliamente y se ven afectadas por la permeabilidad del subsuelo, así como las tasas de ingesta de la superficie, de esta manera los suelos se clasifican en cuatro HSG (A, B, C y D) de acuerdo con su tasa de infiltración mínima, que se obtiene para suelo desnudo después de una humectación prolongada (USDA, 1986).

5.6.1. Asignación del grupo hidrológico (HSG) y CN

Para la asignación de los grupos hidrológicos se tomó en consideración la textura del suelo en función de la cobertura vegetal (Anexos 1 y 2) y para la determinación de CN según su uso de suelo, se establece el rango que va de 1 hasta 100, donde, aquellas superficies denominadas como: humedales, zona urbana, nieve y agua una valoración de 100, al considerarlas como suelos impermeables, del mismo modo para las categorías de páramo, bosque, pasto, cultivos y suelo erosionado su CN fue catalogado (Anexo 8) en base al tipo de vegetación, tratamiento (C, CR, R y T), condición hidrológica (pobre, media y buena) y el tipo de suelo (A, B, C, D).

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

Microcuenca del río Chibunga			
Clase	Textura	HSG	CN
Páramo	Arcillo Limoso	D	78
Humedales	.	-	100
Bosque coníferas	Franco Arcillo Arenoso	C	78
Bosque eucalipto	Arcillo Limoso	D	79
Nieve y agua	-	-	100
Zona urbana	-	-	100
Suelo erosionado	Franco Arcilloso	D	88
Cultivo hortalizas	Arcilloso	D	89
Cultivo cereales (maíz)	Arcillosos	D	89
Cultivo almidón (papas)	Franco Arcillo Arenoso	C	81
Pasto	Arcillo Limoso	D	79

Elaborado por: Los Autores

La Tabla 8, muestra las diferentes combinaciones de cobertura y grupos hidrológicos del suelo en la microcuenca del río Chibunga, donde, a cada combinación le corresponde un número de curva representando el potencial de escorrentía, en la cual los valores más altos pertenecen a los humedales, zona urbana, nieve y agua, asignándoles un valor de 100 debido a que la lluvia se convierte directamente en escorrentía por ser zonas impermeables. Los grupos hidrológicos de tipo C por su parte, identificados como bosque de coníferas y cultivo de almidón, presentan un valor CN de 78 y 81 respectivamente, en un suelo de tipo franco-arcillo-arenoso, por último, para los HSG de tipo D presentes en las clases de cultivos de hortalizas, cereales, pasto, suelo erosionado y páramo dan un valor de CN que va en un rango de 78 a 89.

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

Microcuenca del Río Guano			
Clase	Textura	HSG	CN
Páramo	Arcilloso	D	78
Humedales	-	-	100
Bosque matorrales	Franco Limoso Arcilloso	D	88
Bosque eucalipto	Arcilloso limoso	D	46
Nieve y agua	-	-	100
Zona urbana	-	-	100
Suelo erosionado	Franco Limoso Arcilloso	D	88
Cultivos almidón (papa)	Arcilloso Arenoso	D	80
Cultivos hortalizas	Arcilloso Arenoso	D	80
Cultivos cereales (maíz)	Arcilloso Arenoso	D	88
Pasto	Arcilloso Arenoso	D	78

Elaborado por: Los Autores

En la Tabla 9, se identifica las diferentes coberturas que fueron de análisis en la microcuenca del río Guano con respecto al uso de suelo, de esta forma, tenemos que las clases: humedales, zona urbana, nieve y agua presentan un CN de 100 siendo zonas totalmente impermeables, mientras que, para las demás clases, se catalogó con el grupo Hidrológico tipo D, indicando que para la clase páramo con suelo de tipo arcilloso un CN de 78, para el bosque de eucalipto con un suelo arcilloso limoso un CN más bajo del conjunto de datos siendo este de 46, del mismo modo, el bosque de matorrales junto con el suelo erosionado comparte un suelo franco limoso arcilloso con un valor de 88 de CN y para los cultivos de hortalizas, cereales, almidón y pasto compartiendo un suelo de tipo arcillo arenoso un rango que va de 78 a 88 como valores de CN.

5.6.2. El Potencial Máximo de retención (S).

Según USDA (1986), S está relacionado con el suelo y las condiciones de cobertura de la cuenca a través de CN teniendo un rango de 0 a 100, representado por:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254; (mm)$$

De tal manera para la microcuenca del río Chibunga se establecen 4 rangos de valoración indicando los resultados del potencial máximo de retención (Figura 17).

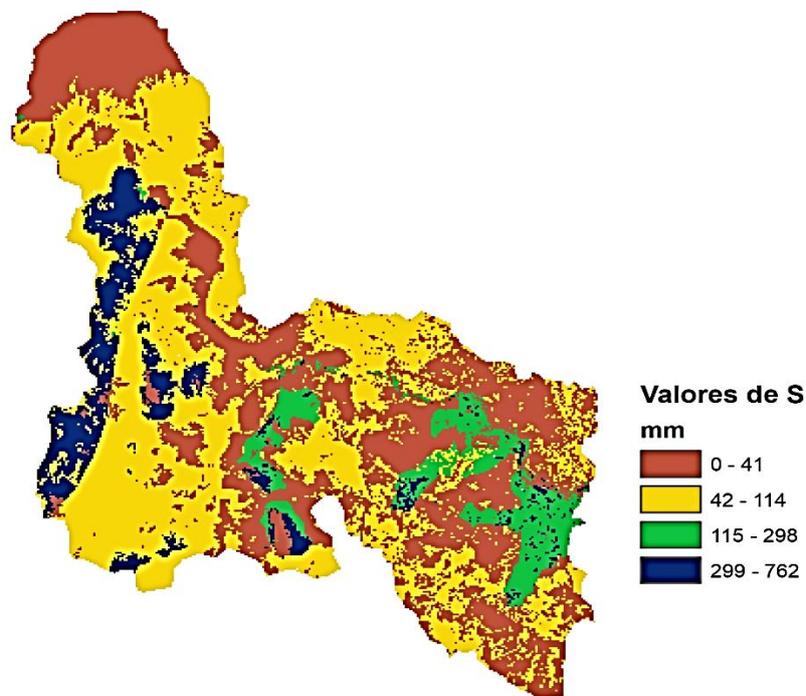


Figura 16. Mapa de Potencial Máximo de Retención para la M.R.CH

Elaborado por: Los Autores

Así tenemos para las categorías de humedales, zona urbana, nieve y agua una valoración de 0 mm (Anexo 8; Tabla 22) del mismo modo, encontrándose con una coloración rojiza tenemos a los cultivos de hortalizas y cereales con un valor de 31 mm, seguido de suelo erosionado con un valor de 35 mm, de igual forma, la tonalidad de color amarillo representa los valores más altos del potencial máximo de retención previo a convertirse en escorrentía, mismas que se encuentran en las categorías de páramo junto con bosque de coníferas dándonos un valor de 72 mm, seguidas de bosque de eucalipto y pasto con un valor de 68 mm y por último tenemos el cultivo de almidón con 60 mm de agua retenida en el suelo.

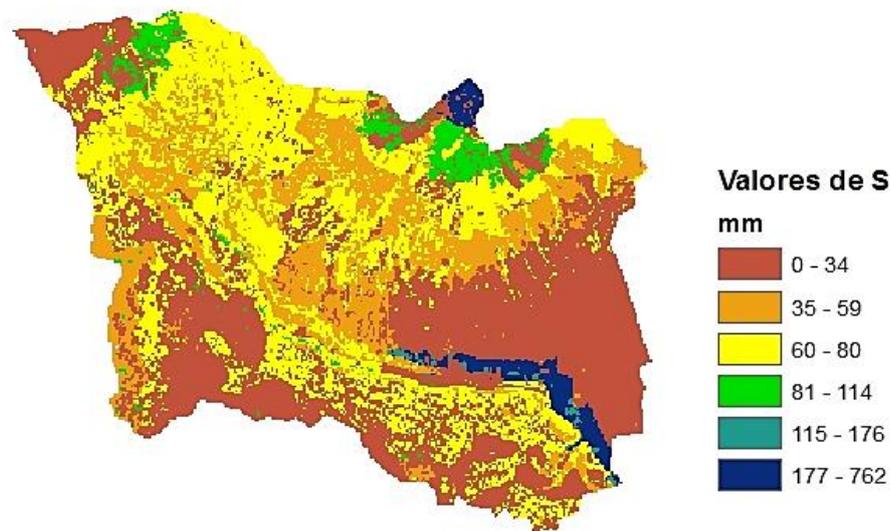


Figura 17. Mapa de Potencial Máximo de Retención en la M.R.G

Elaborado por: Los Autores

En el figura 18, se puede observar como los valores de S están diversificados en toda la microcuenca del río Guano en función a los valores de CN que fueron determinados para cada cobertura vegetal del suelo, de esta manera los resultados del potencial máximo de retención establecen rangos, donde los valores más bajos están representados por el color rojo que son los humedales, zona urbana, nieve y agua teniendo un valor de 0 mm (Anexo 8; Tabla 23) seguidos, del bosque de matorrales, suelo erosionado y los cultivos de cereales compartiendo un valor de 35 mm identificados por el color tomate, para el tercer rango de color amarillo indica a los cultivos de hortalizas y almidón junto con páramo y pasto siendo estos los valores intermedios como resultado del cálculo de S y con valores más altos está dado por los bosque de eucalipto siendo este de 298 mm identificado por el color azul.

5.7. Parámetros Hidrológicos

5.7.1. Precipitación

Para el parámetro de la precipitación se consideró las estaciones meteorológicas (Anexo 4) que abarcan las provincias de Tungurahua y Chimborazo dentro de las zonas de estudio, con el propósito de obtener la media mensual para el periodo 2010-2014.

En la Figura 19 se registra que el mayor incremento en precipitación fue en los meses de febrero, abril, septiembre y noviembre correspondientes al año 2011, posteriormente en el año 2012 tenemos a los meses de enero y octubre, sin embargo, los registros con menor mm de agua lluvia tenemos en el año 2014 específicamente en los meses de marzo, septiembre y octubre. Con la base de datos propuesta, se estima la relación existente entre precipitación-escorrentía para las microcuencas, además de la aplicación de los valores obtenidos en el potencial máximo de retención en función de su cobertura vegetal.

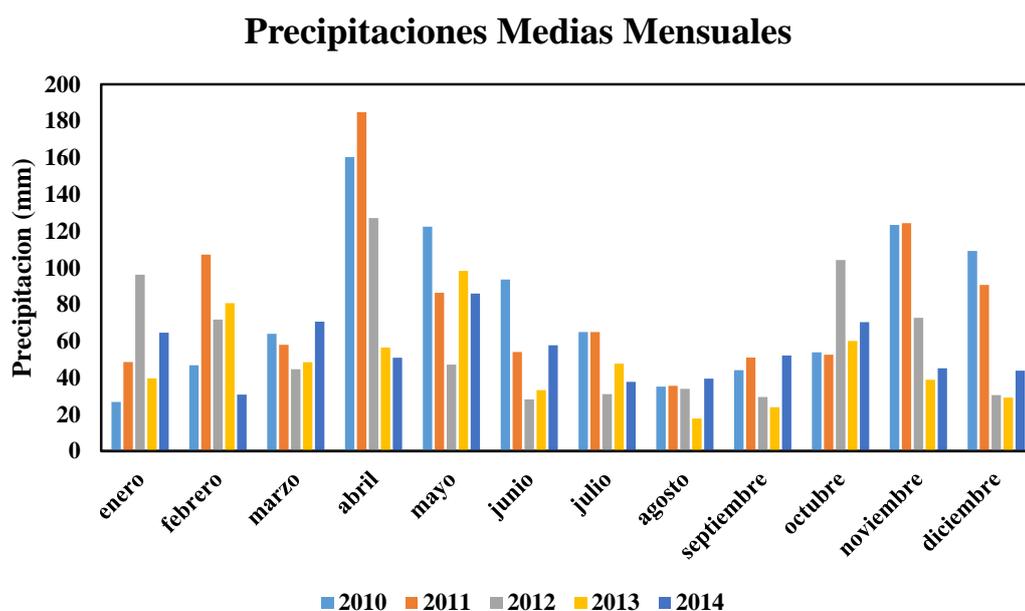


Figura 18. Precipitaciones medias mensuales

Elaborado por: Los Autores

5.7.2. Escorrentía

La escorrentía viene siendo el proceso mediante el cual el agua lluvia circula libremente por la parte superficial del suelo dada la relación precipitación-escorrentía, a continuación, se muestran resultados que varían de acuerdo a la cobertura vegetal, valores de CN y S que calculados previamente.

5.7.2.1. Relación Precipitación-Escorrentía en el año 2010

En la figura 20, se muestra valores de escorrentía para la microcuenca del río Chibunga, en la cual, el valor más alto de escorrentía pertenece a la categoría de nieve y agua con un 59,2 mm, dándonos el 100% de escorrentía al presentar un CN de 100 (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 24, Tabla 26) de la misma forma, tenemos para la categoría de Cultivos de Almidón un valor de escorrentía de 33,1 mm, qué, al poseer un CN de 81 proporciona valores medios de escorrentía, por último, tenemos para la categoría pasto un valor de escorrentía de 6,9 mm misma que, al contener un CN de 79 con una máxima retención de 68 mm, registra un 66% de escorrentía dada la precipitación y demostrando el porqué de su valor bajo.

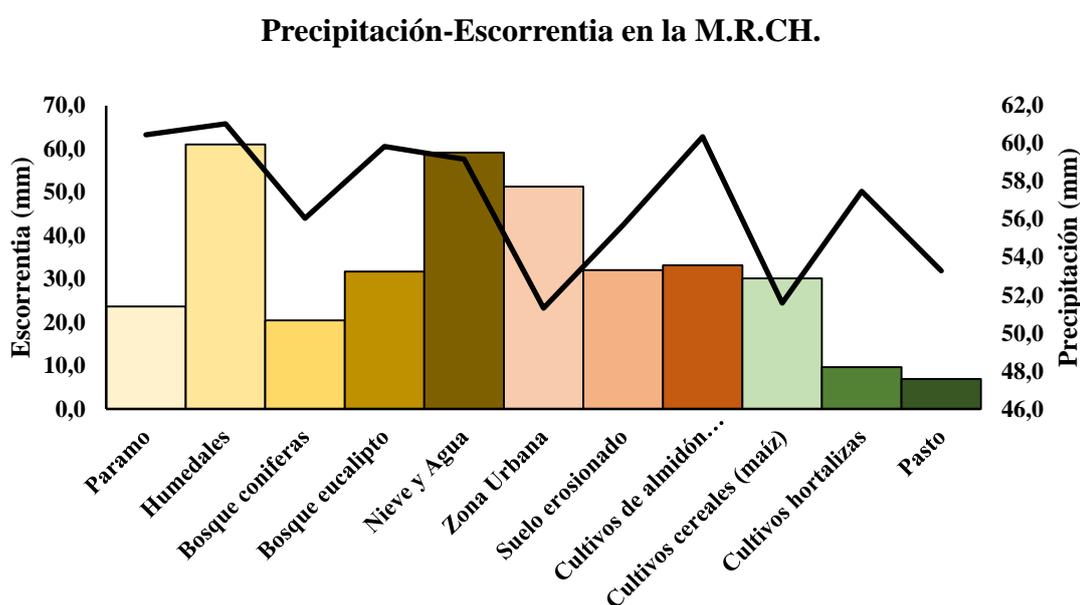


Figura 19. Relación precipitación-escorrentía año 2010.

Elaborado por: Los Autores

La figura 21, nos indica valores de escorrentía altos para la categoría de suelo erosionado con 46,3 mm y una precipitación de 46,5 mm, obteniendo el 100% en la transformación de precipitación a escorrentía al presentar un CN de 88 y una máxima retención de 35 mm en un suelo franco limoso arcilloso (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 25, Tabla 32) mientras que, para los bosques de eucalipto se obtuvo valores de 9,6 mm de escorrentía en una precipitación de 47,3 mm, dándonos un 58% de escorrentía, con un CN de 46 y una máxima retención de 298 mm, demostrando la mayor cantidad de agua retenida en suelos de tipo arcillo arenoso.

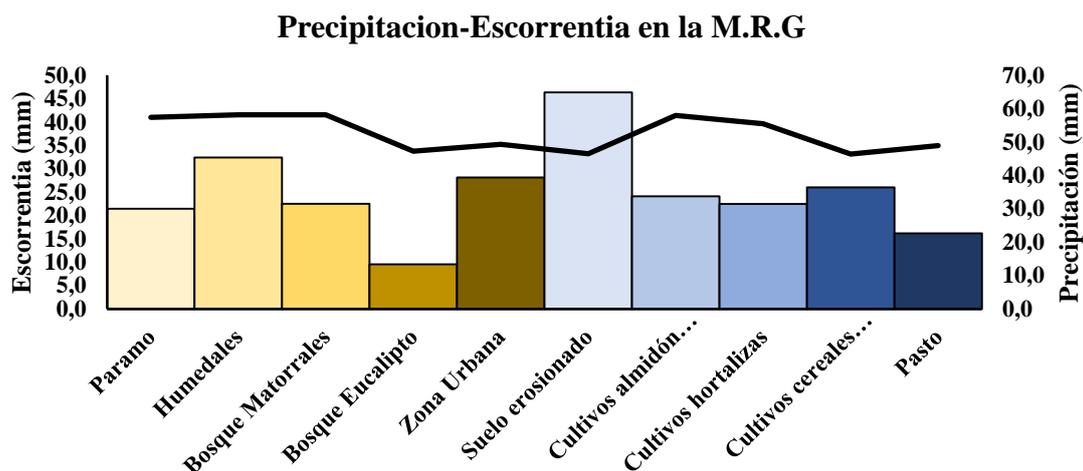


Figura 20. Relación precipitación-escorrentía año 2010

Elaborado por: Los Autores

5.7.2.2. Relación Precipitación-Escorrentía en el año 2011

En la Figura 22, se muestran valores de escorrentía, siendo el más alto para la categoría de zona urbana, con un valor de 55,8 mm debido a su CN de 100, de la misma manera tenemos para el de bosque de eucalipto una escorrentía media de 34,7 mm, representando el 42% de transformación de precipitación a escorrentía, el mismo que, viene condicionado por su CN de 79 y su máxima retención de 68 mm en suelos arcillo arenoso (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 24, Tabla 27) por último con valores bajos de escorrentía tenemos en el cultivo de hortalizas con un total de 12 mm, dándonos el 10% del total de escorrentía al presentar un potencial máximo de retención de 31mm de agua en suelos arcillosos.

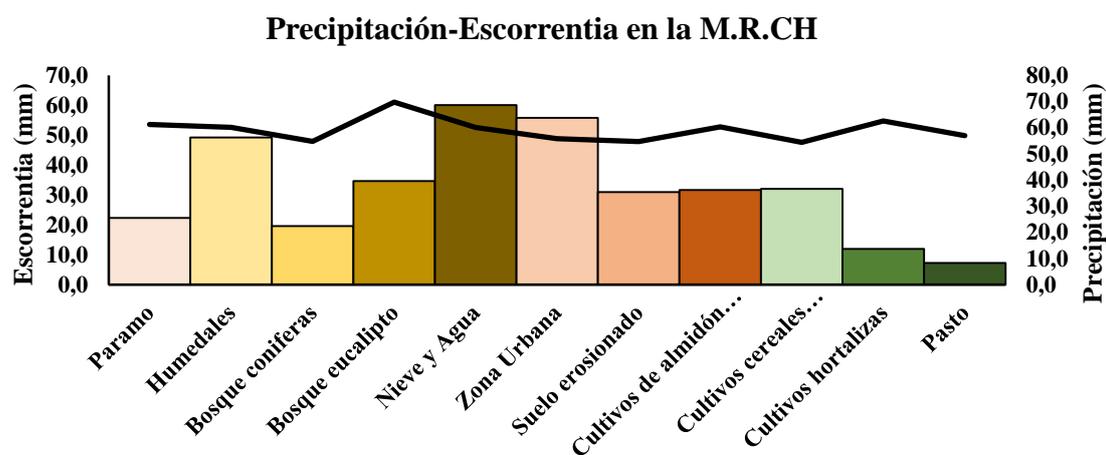


Figura 21. Relación precipitación-escorrentía año 2011

Elaborado por: Los Autores

En la figura 23, podemos identificar que el valor más alto de escorrentía está presente en los humedales con 41,2 mm en una precipitación media anual de 65,9 mm al presentar un CN de 100 (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 25, Tabla 33) de tal forma para la clase páramo que posee un CN de 78 se obtuvo una escorrentía de 25,2 mm registrando el 29% del total dada la precipitación, registrando en suelos de tipo arcilloso , además, se determina que el cultivo de cereales presenta un bajo valor de escorrentía de 19,2 mm en una precipitación de 54,9 mm, dándonos el 30% del total de escorrentía, al presentar un CN de 88 y una capacidad de retención de 35mm de agua saturando el medio poroso del suelo en la microcuenca.

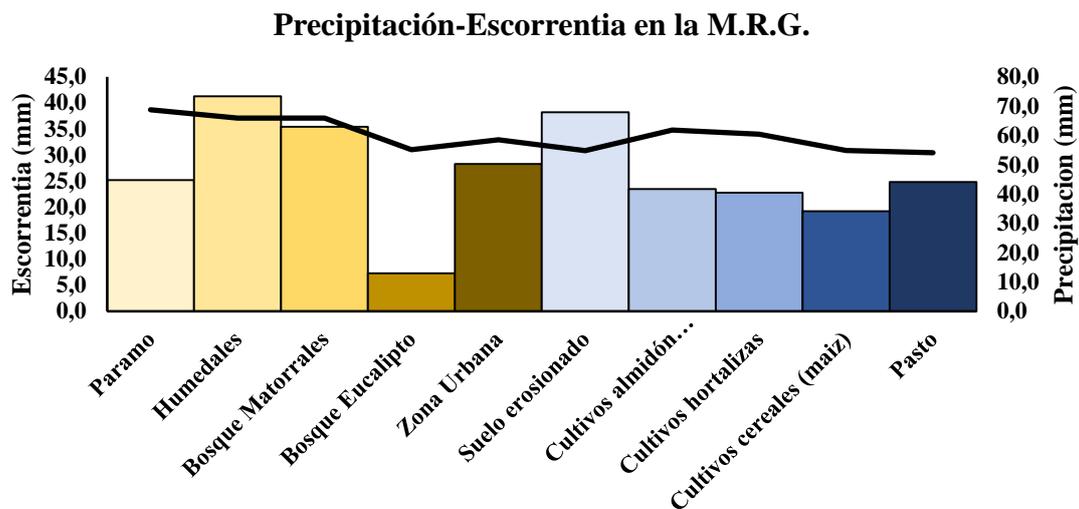


Figura 22. Relación precipitación-escorrentía año 2011

Elaborado por: Los Autores

5.7.2.3. Relación Precipitación-Escorrentía en el año 2012

La Figura 24, se muestra valores altos de escorrentía para la categoría de nieve y agua con un total de 53 mm representando el 100% del total de transformación dada la precipitación siendo nula la retención de agua en el medio poroso del suelo, de igual forma, la categoría de suelo erosionado presenta un valor medio para escorrentía de 23,2 mm en una precipitación media anual de 49,1 mm y una máxima retención de 35 mm característico de suelos franco arcilloso (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 24, Tabla 28) por ultimo tenemos al bosque de coníferas con valores de escorrentía bajos de 15,1 mm obteniendo el 18% del total dada la precipitación y al presentar un valor para CN de 78 con una máxima retención de 72 mm de agua en el suelo de tipo franco arenoso arcilloso.

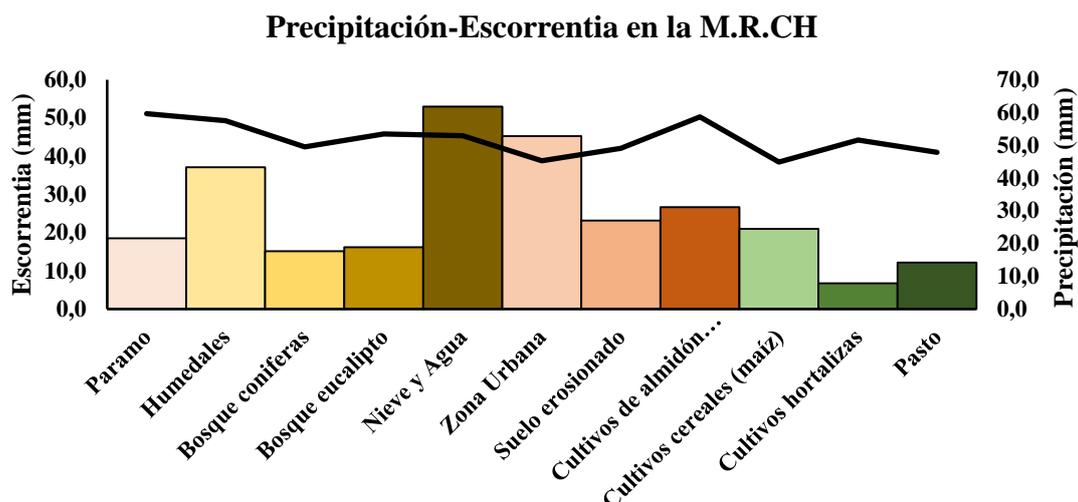


Figura 23. Relación precipitación-escorrentía año 2012

Elaborado por: Los Autores

El valor más alto de escorrentía y precipitación se obtuvo en los bosques de matorrales con 49,5 mm y 59,9 mm respectivamente, registrándose el 83% del total de escorrentía dada la precipitación a partir de un CN de 88 y una retención de agua en el suelo de 35 mm en suelos franco limoso arcilloso (Figura 25; Anexo 9, Anexo 10; Tabla 25, Tabla 34) mientras que, para la categoría pasto al tener un CN de 78 se alcanzó una escorrentía de 22,5 mm, de esta forma se ubica que los valores bajos están dados por los cultivos de hortalizas con un CN de 80 y una capacidad de retención de 64 mm de agua en el suelo logrando una escorrentía de 20,3 mm con una precipitación media anual de 53,1 mm.

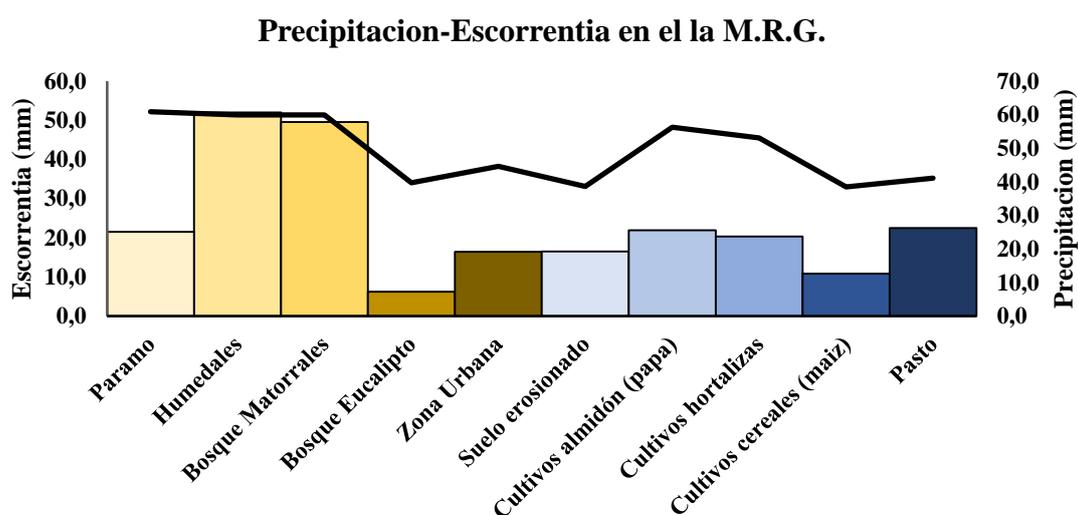


Figura 24. Relación precipitación-escorrentía año 2012

Fuente: Los Autores

5.7.2.4. Relación Precipitación-Escorrentía en el año 2013

La Figura 26, nos muestra valores de escorrentía altos para el año 2013 en la categoría de humedales con un valor de 32,5 mm seguido tenemos al cultivo de cereales con un valor de escorrentía medio de 13,5 mm representando el 29% del total dada la precipitación al tener un valor para CN de 89 y una máxima retención de 31 mm de agua en suelos de tipo franco arenoso arcilloso y por último tenemos al cultivo de hortalizas con un valor de escorrentía bajo de 2,9 mm compartiendo los mismos valores de CN y S que el cultivo anterior (Anexo 9, Anexo 10; Tabla 24, Tabla 29).

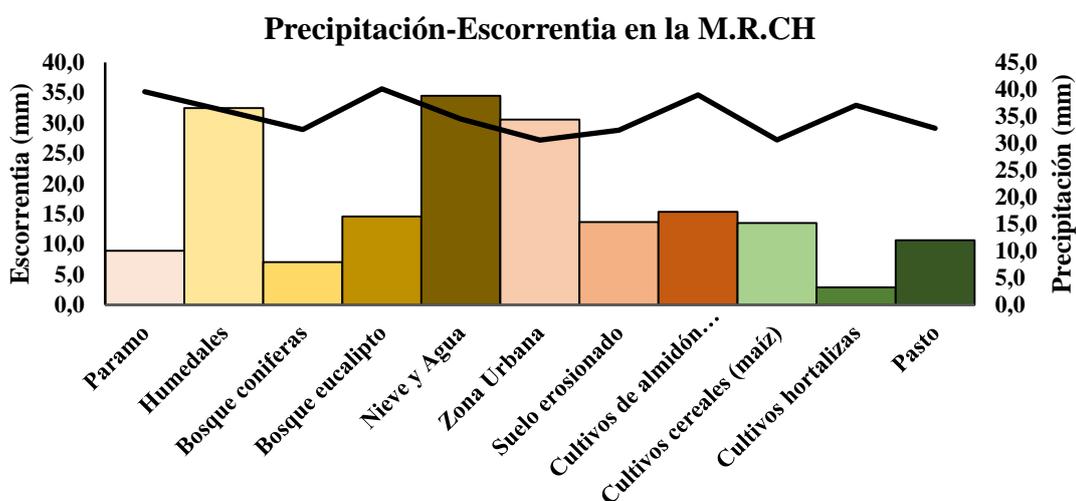


Figura 25. Relación precipitación-escorrentía año 2013

Elaborado por: Los Autores

En la figura 27, se determina que la clase páramo con un CN de 78 y una capacidad de retención de 72 mm de agua en el suelo arcilloso alcanzó una escorrentía de 14,9 mm (Anexo 9; Tabla 25) con una precipitación media anual de 52,3 mm, de tal forma se obtuvo para la zona urbana una escorrentía de 13,3 mm a partir de su CN de 100 siendo nula la retención de agua, mientras que los cultivos de almidón se registra una escorrentía de 12 mm y una retención de agua de 64 mm, demostrando la saturación del medio poroso siendo características de suelos de tipo arcillo arenoso.

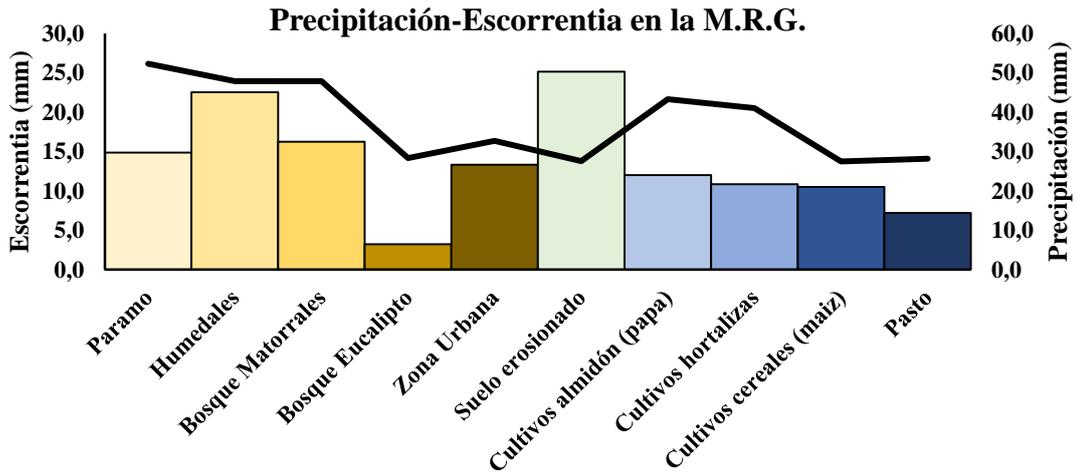


Figura 26. Relación precipitación-escorrentía año 2013

Elaborado por: Los Autores

5.7.2.5. Relación Precipitación-Escorrentía en el año 2014

La relación precipitación-escorrentía es mayor para la zona urbana con un valor similar de 44,6 mm presentando un CN de 100 pero su capacidad de retención es nula (Figura 28, Anexo 9; Tabla 24) de la misma manera para los cultivos de almidón junto con los bosques de eucalipto comparten una escorrentía de 17,4 mm y una capacidad de retención de 60 y 68 mm de agua en el suelo respectivamente, además se determina que los cultivos de hortalizas tiene el valor más bajo de escorrentía con 3,2 mm y un CN de 89 demostrando la saturación del medio poroso en el suelo de tipo arcilloso.

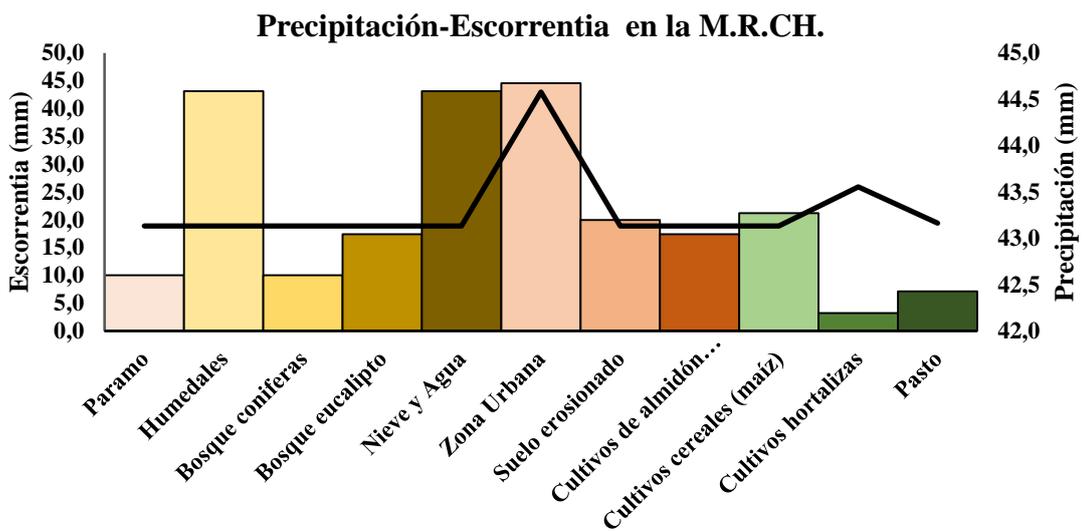


Figura 27. Relación precipitación-escorrentía año 2014

Elaborado por: Los Autores

En la Figura 29, nos muestra que los cultivos de almidón y de hortalizas comparten una escorrentía de 11,6 mm y una precipitación media anual de 43,1 mm, de igual forma para la zona urbana, humedales y el suelo erosionado al estar en un rango de 33 a 41 mm de escorrentía, demostrando nula la retención de agua en el suelo, además se registra el valor más alto de precipitación para la categoría pasto con 44,3 mm y una escorrentía de 10,9 mm representando el 19% en la transformación de precipitación a escorrentía, mientras que, el valor de retención es de 72mm de agua, indicando la saturación del medio poroso del suelo.

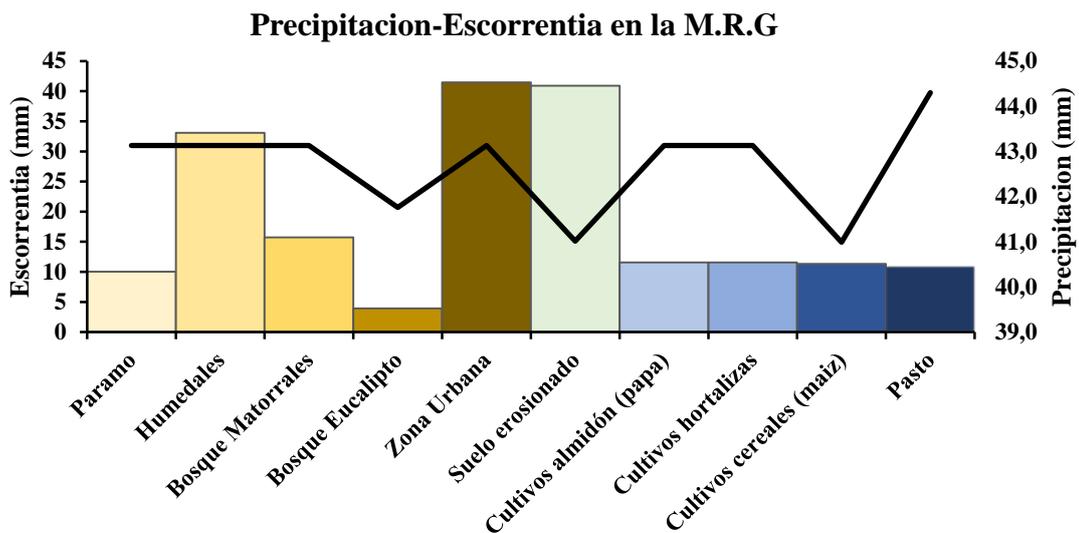


Figura 28. Relación precipitación-escorrentía año 2014

Elaborado por: Los Autores

6. CONCLUSIONES

La clasificación supervisada de las imágenes satelitales Sentinel 2A, mediante el uso del método de máxima verosimilitud permitió la identificación de 8 unidades geográficas bien definidas: Pa, Hu, Bs, Na, Z, C, Se, Ps y a su vez la generación de mapas de uso de suelo para las dos microcuencas, mismas que, presentan una extensión aproximada de 53125,15 ha para la M.R.CH y una extensión de 37061,25 ha para la M.R.G, ocupando grandes extensiones áreas destinadas al sector agropecuario (Ps y C).

Asi mismo, existe un evidente desgaste de los suelos provocado por malas prácticas agrícolas y por las características geológicas propias de las zonas, alcanzando el 24% para la M.R.CH y el 30% para la M.R.G del área total; siguiendo con el análisis, uno de los cambios más significativos fue encontrado en el ecosistema páramo provocado por el avance de la frontera agrícola y ganadera, teniendo así, para la M.R.CH una superficie del 17% y para la M.R.G

tan solo el 5% del área total, lo que genera preocupación en vista que estos entornos cumplen funciones importantes entre ellas el almacenamiento de carbono, el mantenimiento del régimen hidrológico, entre otras. Además, se comprueba así que, las microcuencas presentan grandes extensiones dedicadas a las actividades agropecuarias, donde el 23% corresponde a la M.R.CH y el 27,5% a la M.R.G, por otra parte, tenemos también la presencia de cobertura arbórea, misma que cuenta con especies de carácter *coníferas*, *eucalyptus* y *matorrales*, siendo el último más evidente en las partes altas de la ciudad de Guano, dando como total una ocupación del 6% para las dos microcuencas.

Por otra parte, la microcuenca del río Chibunga obtuvo una diversificación en las clases texturales, encontrando en su mayoría suelos de tipo arcillo limosos representando a las categorías páramo, cultivo de almidón y pasto, además, se registró un valor de porosidad de 0,44 a 0,45 para este tipo de suelos con granulometría fina, de tal forma la conductancia hidráulica para la categoría pasto con un valor de $1,14E^{-04}$ m/s, siendo este el valor más bajo, mientras que, la capacidad de infiltración para la categoría páramo y pasto con valores de 96,5 mm/h y 108,77 mm/h, dando como resultado una penetración lenta de agua en el suelo.

La microcuenca del río Guano por su parte, está representada en su mayoría por suelos con textura arcillo arenoso para las categorías de cultivos y pasto, de tipo franco limoso arcilloso para bosque de matorrales y suelo erosionado, suelos de tipo arcillo limoso y arcillosos para las categorías bosque de eucalipto y páramo, de tal forma, para la porosidad y conductancia hidráulica se obtuvieron valores de 0,39 y $1,82E^{-04}$ m/s en suelos de granulometría fina y permeabilidad lenta siendo características del bosque de matorrales, mientras que, la categoría pasto alcanzó valores de 0,67 presentando una granulometría media y un valor de $4,23E^{-04}$ m/s con una permeabilidad moderada, en cuanto a la capacidad de infiltración se registró un total de 45,88 mm/h en los cultivos de hortalizas, siendo lenta la penetración del agua en el suelo

El potencial máximo de retención se ve afectado directamente por los valores de CN que son registrados según las condiciones y uso de la cobertura vegetal del suelo, de esta forma se obtuvo para las categorías nieve y agua, humedales, zona urbana una capacidad nula de retención de agua en el subsuelo, es decir, una transformación directa de precipitación a escorrentía, mientras que, para las demás categorías pasa todo lo contrario, al ser más alto el valor de potencial máximo de retención los valores de escorrentía disminuyen.

Para la microcuenca del río Chibunga en la relación CN y caudal para el año 2010 se alcanzó el 0,65 de eficiencia, del 0,66 para el 2011, del 0,55 para el 2012, del 0,65 para el 2013 describiendo una correlación moderada del conjunto de datos, mientras que, para el año 2014 se determina una correlación de 0,73 siendo alta la eficiencia de los datos para este año.

Para la microcuenca del río Guano se determinó una eficiencia de los datos en la relación de CN y caudal para el año 2010 del 0,67 de correlación, del 0,66 para el 2011, del 0,50 para el 2012, del 0,57 para el 2013 describiendo una correlación moderada en estos años, mientras que, para el año 2014 se obtuvo el 0,73 representando una correlación alta con respecto a los datos generados en la investigación.

Por último, el conocimiento de la capacidad de campo nos permite interpretar de manera adecuada la capacidad de almacenamiento de un tipo de suelo para mejorar y llevar a cabo técnicas eficientes de conservación del recurso hídrico.

7. RECOMENDACIONES

Es recomendable al momento de trabajar con imágenes satélites, encontrara aquellas que presenten una mayor resolución evitando así, errores que se pueden producir durante una clasificación.

Es necesario que se intensifiquen este tipo de investigaciones con el propósito de analizar y aplicar medidas que de cierta forma ayuden a minimizar las consecuencias que los cambios bruscos en el uso de suelo ocasionan, especialmente en aquellos entornos que cumplen funciones importantes para un adecuado desarrollo de la sociedad.

Es factible tener un conocimiento previo de los procesos que se van a realizar en campo, como son las pruebas de infiltración, donde se debe considerar que el agua presenta un movimiento radial lo que de cierta forma puede producir errores en la toma de datos, esto implica que se debe colocar de forma correcta el instrumento de doble anillo respetando su altura y las cantidades de agua que deben poseer los dos anillos.

Se debe continuar con la actualización periódica de información relacionada con datos hidrológicos en la zona de investigación además de obtener una buena difusión de datos hídricos los mismos que deben ser actualizados y generados por estaciones hidrometereológicas.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Acosta, A. (2017). *Elaboración de una clasificación no supervisada y supervisada para generar las coberturas vegetales de una imagen satelital LANDSAT 7 - ETM usando los programas R y PCI Geomatics con el fin de comparar los resultados obtenidos*. Bogota D.C: Universidad Militar Nueva Granada.
- Aguilar, D., & Páez, L. (2015). *Evaluación Temporal del Método Número de Curva de Escorrentía en una Hoya Hidrográfica Sub-Urbana a través del Modelo ARIMA: Estudio de Caso Quebrada de la Vieja*. Bogotá D.C.: Universidad Distrital Francisco José de Caldas.
- Almánzar, R. (2011). *Análisis de sucesos productores de caudal en pequeñas cuencas mediterráneas como apoyo a la gestión integrada y sostenible del agua*. España: VII Congreso Ibérico Gestión y Planificación Agua,.
- Alonso, R. L. (2001). *Consideraciones acerca de los límites de aplicación del método de número de Cueva del Soil Conservation Service*. Mexico: Montes Ciencia y Tecnología.
- Ayala, J. M. (2017). *Land Cover Classification in an Ecuadorian Mountain Geosystem Using a Random Forest Classifier, Spectral Vegetation Indices, and Ancillary Geographic Data*. Obtenido de Geosciences: <http://doi.org/10.3390>
- Barbecho, J., & Calle, J. (2012). *Caracterización de la Conductividad Hidráulica de los suelos de la Subcuenca del Río Tarqui*. Cuenca, Ecuador: en J. Barbecho, & J. Calle.
- Bárceras Rodríguez, R. A. (2017). *Balace Hídrico de la cuenca abastecedora de la planta de tratamiento de agua potable "Luis Prieto Gomez" en la Vereda de Gallinazo Villamaría Caldas*. Medellín: UNAD.
- Borràs, J., Delegido, J., Pezzola, A., Pereira, M., Morassi, G., & Camps-Valls, G. (2017). *Clasificación de usos del suelo a partir de imágenes Sentinel-2*. València - España: Revista de Teledetección, 48, 55-66.
- Bravo, N. (2017). *Teledetección espacial Landsat, Sentinel2, Aster LIT y Modis*. Huanuco, Perú: Geomática Ambiental S.R.L.
- Cahuana, A., & Yugar, W. (2009). *Material de apoyo didactico para la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Hidrología CIV-233*. Cochabamba, Bolivia: Universidad Mayor de San Simón .

- Caizaluisa, A., & López, M. (Mayo de 2012). *Formulación de la propuesta del plan de ordenamiento territorial (POT) del cantón Guano, provincia de Chimborazo mediante el uso de herramientas SIG.* . Obtenido de Escuela Politécnica del Ejército: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5310/1/T-ESPE-033286.pdf>
- Calvache, M. (2009). *Física de Suelo*. Universidad Central del Ecuador, Facultad de ciencias Agrícolas .
- Calvache, U. M. (2010). *Física de suelos y su relación con los problemas ambientales*. XII Congreso Ecuatoriano de la Ciencia del Suelo. Santo Domingo-Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Carvajal, A. D. (2017). *Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba, Colombia) mediante teledetección y SIG*. Colombia : ISSN.
- Carvalho, P., & Jessica, D. (2013). *Estudio hidrológico-Hidráulico del Puente sobre el Río Jadan, Parroquia Jadan, Canton Gualaceo, Provincia del Azuay*. Azuay-Ecuador: Universidad de Cuenca.
- Centeno, M. (2015). *Análisis Hidrológico - Hidráulico para los puentes en zonas de inundación generadas por el proyecto "Pacalori"*. Cuenca.
- Cevallos, C. (2015). *Caracterización de la calidad hídrica de la microcuenca del río Guano*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.
- Chow, V. T. (1994). *Hidrología Aplicada*. Santa Fé de Bogotá, Colombia: McGraw-Hill.
- Chow, V. T., Maidment, D. R., & Mays, L. W. (1964). *Handbook of Applied Hydrology: A Compendium*. Santafé de Bogotá: McGraw-Hill.
- Chuvieco, E. (1995). *Fundamentos De Teledeteccion Espacial*. Obtenido de l. <http://doi.org/23.304-1995>
- Copernicus. (18 de Junio de 2018). *Copernicus Europe's eyes on Earth*. Obtenido de <https://www.copernicus.eu/en>
- Cordova, D. (2016). *Determinacion del Parámetro Hidrológico número de curva en la Cuenca de la Quebrada el Batán, usando técnicas S.I.G y percepción remota*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Córdova, D. (2016). *Determinación del parámetro hidrológico Número de Curva en la Cuenca de la quebrada el Batán, usando técnicas SIG y percepción remota*. Quito-Ecuador: Universidad Central del Ecuador.
- Corrales Andino, R. E. (2014). Firmas espectrales de la cobertura de la Tierra , aplicando radiometría de campo . *Revista Ciencias Espaciales*, 21.

- CRC, C. (2012). *Esquema de Ordenamiento Territorial Municipio de Miranda*. Cauca.
- Delgadillo, O., & Pérez, L. (2016). *Medición de la infiltración del agua en el suelo*. Cochabamba, Bolivia : Universidad Mayor de San Simón.
- Díaz, A., & Mercado, T. (2017). *Determinación del número de curva en la subcuenca de Betancí (Córdoba, Colombia) mediante teledetección y SIG*. Montería-Colombia: Universidad de Córdoba.
- FAO. (2009). *Permeabilidad del suelo*. Obtenido de Colección FAO capacitación: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s09.htm
- FAO. (2016). *Permeabilidad de los suelos*. Obtenido de Portal de Suelos de la FAO: <http://www.fao.org/soilsportal/levantamiento-de-suelos/propiedades-del-suelo/propiedades-quimicas/es/>
- Freebairn, D., Silburn, M., & Loch, R. (1989). Evaluation of three soil erosion models for clay soils. *Aust. J. Soil Res.*
- GAP El Oro. (2007). *plan de Manejo Participativo de la subcuenca del río Casacay*. Subsecretaría de Gestión Ambiental.
- García, J., & Mas, J.-F. (2008). Comparación de metodologías para el mapeo de la cobertura y uso del suelo en el sureste de México. *SciELO*, UNAM, 13.
- Gaspari, F. (2009). *Relación precipitación - escorrentía y número de curva bajo diferentes condiciones de uso del suelo. Cuenca modal del sistema serrano de La Ventana, Argentina*. Argentina: Red de Revistas Científicas de América Latina y el Caribe, España y Portugal.
- Gaspari, F. (2013). *Elementos Metodológicos para el Manejo de Cuencas Hidrográficas*. La Plata, Buenos Aires, Argentina: Primera edición, UNLP-Edulp.
- Girón, A., & Patarroyo, L. (2016). *Plugin para la clasificación supervisada de imágenes satelitales mediante el uso del algoritmo perceptrón multiplicada basados en redes neuronales*. Bogotá, Colombia: Universidad Ddistrital Francisco José de Caldas.
- Gómez, C., & Gacitúa, M. J. (2014). *Permeabilidad del suelo de la cuenca del río Chillán, entre Estero Peladillas y río Ñuble, Chile*. Chile: Universidad de Bío-Bío, Ñuble.
- Grande, D. (2015). *Modelamiento morfométrico y análisis multitemporal de uso de suelo y cobertura vegetal de la Subcuenca del río Molino ubicada en el Municipio de Popayan, departamento del Cauca, utilizando la metodología Corine Land Cover con imágenes de sensores remotos*. Popayan-Colombia: Universidad de Manizales.

- Haro, M. F. (2018). *Estudio hidráulico del río chibunga para la determinación de la conductancia entre río-acuífero y zonas de inundación*. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- Heredia, E. (12 de Febrero de 2015). *Densidad real aparente y porosidad del suelo*. Obtenido de http://www.academia.edu/7716432/densidad_real_aparente_y_porosidad_del_suelo
- Hernández, J. &. (04 de Diciembre de 2015). *Patrones de Respuesta Espectral*. . Obtenido de <http://www.gep.uchile.cl/Publicaciones/Hern%C3%A1ndez%20&%20Montaner>
- Hurtado, A. F. (2015). Cambio climático y variabilidad espacio-temporal de la precipitación en Colombia. *EIA*, 12 (24), 21.
- Ibañez Asensio, S. (2012). *Características del infitrómetro de doble anillo (Anillos de Munz)*. Valencia: Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos.
- Ibañez, A. (2011). *Metodos para la dterminacion del coeficiente de escorrentia (c)*. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia, Escuela Tecnica Superior de Ingenieria Agronomica y del Medio Natural, Departamento de Produccion Vegtal.
- Jaque, E., & Potocí, C. (2015). *Calidad de agua (ICA) de la microcuenca del río Chibunga*. Obtenido de <http://dspace.esoch.edu.ec/bitstream/123456789/4077/1/236T0132%20UDCTF>
- Lavao Pastrana, S. A. (2014). *Aplicación de la Teoría del Npúmero de Curva a una Cuenca de Montaña. Caso de Estudio: Cuenca del Río Murca, Mediante la Utilización de Sistemas de Información Geográfica*. Bogotá, Colombia.
- Lee, B., Lee, J., Yoon, H., & Eunhee, L. (2015). *Hydraulic Experiments for Determination of In-situ Hydraulic Conductivity of Submerged Sediments*. Nature Publishing Group. doi: 10.1038/srep07917.
- Llambi, D. L. (2012). Ecología, Hidrología y Suelos de Paramos. En *Unidad 2 Clima e Hidrología del Paramo* (pág. 128). Ecuador: Proyecto Páramo Andino.
- López, G., & Zamora, A. (2016). *Diagnóstico de la fertilidad del suelo en el área de investigación, innovación y desarrollo de la ESPAM- MFL*. Manabi: Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López.
- McCuen. (1992). *Fundamentos de la Hidrología en la Superficie*. Mexico: Limusa .
- Mendoza, B. (2015). *Estudio del acuíferos del Chambo (EC) mediante interpretacion geologica, geofisica y matematica* . Researchgate.

- Merino, M. J. (2015). *Evaluación del Recurso Hídrico en la Cuenca del Río Júcar mediante la aplicación de modelos semiagregados Precipitación-Escorrentia*. España: Universitat Politècnica de València.
- Ministerio del Ambiente de Perú. (2014). Protocolo Evaluación de la exactitud temática del mapa de deforestación. p.32.
- Moreno, A. (2017). *Análisis de las transiciones de los cambios de uso y cobertura del suelo mediante técnicas estadísticas y sistemas de información geográfica de los años (2001-2016) en el cantón Chambo, Provincia de Chimborazo*. Riobamba-Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo.
- NEDC. (2011). "Module 205 SCS runoff equation", Engineering Hydrology Training. *Departamento de Agricultura de los Estados Unidos*, 5-8.
- NRCS, ". s. (2009). Part 630 Hydrology National Engineering Handbook. *Natural Resources Conservation Service, Ed. USA: USDA*, cap.7.
- Ojeda, F. (2017). *Determinación experimental del balance hídrico y análisis de las relaciones precipitación y escorrentia de la microcuenca del río Blanco*. Santo Domingo de los Tsáchilas-Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Quito.
- Pacheco, R., Ortiz, E., & Hernández, I. (2018). Determinación del parámetro número de curva en la cuenca Las Coloradas en un entorno SIG. *SciELO*, 2-3.
- Paz, F. (2009). Mitos y falacias del método hidrológico del número de curva del SCS/NRCS. *SciELO*, 1-5.
- Poblete, D. (2008). *Modelo Hidrológico para la simulación de Recursos Hídricos*. Santiago.
- Prieto, C. (2009). *Áreas susceptibles a riesgos de erosión y con mayor capacidad de almacenamiento de agua en la Subcuenca Malacatos- cantón Loja*. Loja-Ecuador: UTPL.
- Quillatupa, Y., & Cárdenas, E. (2016). *Relación Precipitación, Infiltración y Escorrentía para la época de lluvia en la microcuenca Yanango-Chanchamayo*. Huancayo-Perú: Universidad Nacional del centro del Perú.
- Rosete, F. A. (2009). Los sistemas de información geográfica y la percepción remota. . En *Herramientas integradas para los planes de manejo en comunidades forestales* (págs. 43-54). Instituto Nacional de Ecología.
- Rucks, I. A. (2004). *Propiedades Físicas del Suelo*. Montevideo-Uruguay: Facultad de Agronomía Dpto. Suelos y Agua.

- Silva, P., Silva, H., Garrido, M., & Acevedo, E. (2015). *Manual de estudio y ejercicios relacionados con el contenido de agua en el suelo y uso por los cultivos*. Avda. Santa Rosa 11315, La Pintana, Santiago –Chile: Universidad de Chile.
- Stenta, C. M. (2006). Estimación del número de curva (cn) a partir de la interpretación de imágenes satelitales en la cuenca del a° Ludueña, Santa Fe, Argentina. *Departamento de Hidráulica*, 17-19.
- Suárez, M. A. (2014). *Anaálisis y comparación de imágenes de diferentes sensores*. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE.
- TELEDET. (2017). *TELEDET-Percepcion Remota*. Obtenido de Introducción a la percepción remota: <http://www.teledet.com.uy/tutorial-imagenes-satelitales/clasificacion-no-supervisada.htm>
- Telegrafo, E. (07 de Mayo de 2013). El Chibunga, uno de los ríos más contaminados del país. *El Telegrafo*, págs. 1-2.
- Toro, N., Gomariz, F., Cánovas, F., & Alonso, F. (2013). *Comparación de métodos de clasificación de imágenes e satélite en la cuenca del río Argos (Región de Murcia)*. Murcia: Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles N.º 67 - 2015, págs. 327-347.
- Tso, B., & Mather, P. M. (2009). *Classification Methods For Remotely Sensed Data, Second*. CRC Press.
- USDA. (1986). *Urban Hidrology for Small Watersheds TR-55*. United States, Washington DC: SCS.
- USGS, D. (2015). *LANDSAT 8 (L8)*. USA: Data users handbook.
- Zambrana, Y. (2008). *Plan de manejo y gestión de la subcuenca del río San Francisco*. Managua-Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

9. ANEXOS

9.1. Anexo 1 Números de curva de escorrentía según su cobertura

Tabla 10. Números de curva de escorrentía para pastizales áridos y semiáridos

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

Fuente: (USDA, 1986)

Tabla 11. Números de Curva de Escorrentía para la Agricultura

TIPO DE VEGETACIÓN	TRATAMIENTO	CONDICIÓN	TIPO DE SUELO			
		HIDROLÓGICA	A	B	C	D
Barbecho	Desnudo	-	77	86	91	94
	CR	Pobre	76	85	90	93
	CR	Buena	74	83	88	90
	R	Pobre	72	81	88	91
	R	Buena	67	78	85	89
	R + CR	Pobre	71	80	87	90
	R + CR	Buena	64	75	82	85
Cultivos alineados	C	Pobre	70	79	84	88
	C	Buena	65	75	82	86
	C + CR	Pobre	69	78	83	87
	C + CR	Buena	64	74	81	85
	C + T	Pobre	66	74	80	82
	C + T	Buena	62	71	78	81
	C + T + CR	Pobre	65	73	79	81
	C + T + CR	Buena	61	70	77	80
	R	Pobre	65	76	84	88
	R	Buena	63	75	83	87
	R + CR	Pobre	64	75	83	86
	R + CR	Buena	60	72	80	84
	C	Pobre	63	74	82	85
	C	Buena	61	73	81	84
Cultivos no alineados, o con surcos pequeños o mal definidos	C + CR	Pobre	62	73	81	84
	C + CR	Buena	60	72	80	83
	C + T	Pobre	61	72	79	82
	C + T	Buena	59	70	78	81
	C + T + CR	Pobre	60	71	78	81
	C + T + CR	Buena	58	69	77	80
	R	Pobre	66	77	85	89
	R	Buena	58	72	81	85
	C	Pobre	64	75	83	85
	C	Buena	55	69	78	83
Cultivos densos de leguminosas o prados en alternancia	C + T	Pobre	63	73	80	83
	C + T	Buena	51	67	76	80
	-	Pobres	68	79	86	89
	-	Regulares	49	69	79	84
Pastizales o pastos naturales	-	Buenas	39	61	74	80
	C	Pobres	47	67	81	88
	C	Regulares	25	59	75	83
Pastizales	C	Buenas	6	35	70	79
	-	-	30	58	71	78
Prados permanentes	-	Pobres	48	67	77	83
	-	Regulares	35	56	70	77
Matorral-herbazal, siendo el matorral preponderante	-	Buenas	≤30	48	65	73
	-	Pobres	57	73	82	86
	-	Regulares	43	65	76	82
Combinación de arbolado y herbazal, cultivos agrícolas leñosos	-	Buenas	32	58	72	79
	-	Pobres	45	66	77	83
	-	Regulares	36	60	73	79
Montes con pastos (aprovechamientos silvopastorales)	-	Buenas	25	55	70	77
	-	I Muy pobre	56	75	86	91
	-	II Pobre	46	68	78	84
	-	III Regular	36	60	70	76
	-	IV Buena	26	52	63	69
Bosques	-	V Muy buena	15	44	54	61
	-	-	59	74	82	86
Caseríos	-	-	72	82	87	89
Caminos en tierra	-	-	74	84	90	92
Caminos en firme	-	-				

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

Fuente: (USDA, 1986)

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

Tabla 12. Asignación numérica según su clase textural

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

Elaborado por: Los Autores

9.3. Anexo 3 Resumen de los parámetros físicos e hidrogeológicos en las Microcuencas.

Tabla 13. Resumen de los parámetros en la M.R.CH

Clase	Textura Media	Porosidad	Permeabilidad (m/s)	Tasa Infiltración (mm/h)
Páramo	2	0,45	2,25E-04	96,50
Bosque coníferas	5	0,50	2,00E-05	232,49
Bosque eucalipto	3	0,58	1,17E-04	592,44
Suelo erosionado	6	0,53	2,88E-05	120,38
Cultivo hortalizas	1	0,35	5,40E-04	118,61
Cultivo cereales	5	0,62	1,81E-04	134,21
Cultivo de almidón	2	0,67	4,41E-04	417,45
Pasto	2	0,44	1,14E-04	108,77

Elaborado por: Los Autores

Tabla 14. Resumen de los parámetros en la M.R.G.

Clase	Textura Media	Porosidad	Permeabilidad (m/s)	Tasa Infiltración (mm/h)
Páramo	1	0,589	3,19E-04	183,207
Bosque eucalipto	2	0,526	1,54E-04	60,261
Bosque matorrales	4	0,392	1,82E-04	178,230
Suelo erosionado	4	0,486	2,17E-04	230,452
Cultivo hortalizas	3	0,504	3,15E-04	45,888
Cultivo cereales (maíz)	3	0,545	4,36E-04	108,637
Cultivo almidón (papas)	3	0,536	1,57E-04	174,358
Pasto	3	0,676	4,23E-04	95,096

Elaborado por: Los Autores

9.4. Anexo 4. Estaciones Meteorológicas

Tabla 15. Ubicación de las estaciones meteorológicas

Código	Estación	Coordenadas X	Coordenadas Y	Altitud m.s.n.m
M5112	CIENCIAS - ESPOCH	761462	9817470	2850
M408	GUANO	762867	9821618	2620
MT007	PEDRO FERMIN CEVALLOS(COLEGIO)	765155	9850010	2910
M0377	TISALEO	759001	9850477	3266
MT0012	PAMPAS DE SALASACA	757194	9844510	3610
M1130	SHIRY XII	750064	9794992	3028
M393	SAN JUAN- CHIMBORAZO	746715	9819454	3220
M395	CEBADAS	762207	9788585	2930
M396	ALAO	779743	9791264	3200
M407	LICTO	766767	9799887	2840
M409	PANGOR-J.DE VELASCO(H.TEPEYAC)	735412	9797407	3109
M133	GUASLAN	759976	9809268	2850
M390	URBINA - INER	754535	9835331	3610

Elaborado por: Los Autores

9.5. Anexo 5 Tabla de la de la porosidad para cada estrato en función de su cobertura vegetal

Tabla 16. Porosidad determinada en la M.R.CH

Clase	Estrato	Volumen solido	Peso seco	Peso humedo	Porosidad
Paramo	1	100	439,19	479,75	0,41
	2	100	441,73	488,66	0,47
	3	100	434,64	488,00	0,53
	4	100	450,74	494,21	0,43
	5	100	451,04	493,20	0,42
Bosque Coniferas	1	100	230,63	296,05	0,65
	2	50	224,36	253,14	0,58
	3	100	203,51	246,41	0,43
	4	100	223,08	268,56	0,45
	5	100	216,84	260,88	0,44
Bosque Eucalipto	1	125	217,56	293,72	0,61
	2	125	204,01	267,65	0,51
	3	125	216,15	294,15	0,62
	4	125	229,98	306,59	0,61
	5	100	215,58	269,22	0,54
Suelo Erosionado	1	125	258,02	327,69	0,56
	2	125	264,51	336,02	0,57
	3	50	211,73	239,00	0,55
	4	75	226,44	256,60	0,40
	5	50	222,58	252,22	0,59
Cultivo Hortalizas	1	100	155,97	190,29	0,34
	2	150	236,33	296,74	0,40
	3	100	167,75	208,12	0,40
	4	125	278,39	305,46	0,22
	5	150	261,60	329,10	0,45
Cultivo de Almidon	1	100	201,81	274,25	0,72
	2	100	222,50	295,04	0,73
	3	125	214,85	293,02	0,63
	4	125	230,68	309,80	0,63
	5	125	222,40	306,07	0,67
Cultivo Cereales	1	125	235,82	295,08	0,47
	2	125	232,37	286,54	0,43
	3	125	250,83	306,71	0,45
	4	150	270,46	357,66	0,58
	5	150	252,30	343,14	0,61
Pasto	1	100	436,79	534,57	0,98
	2	100	440,02	488,74	0,49
	3	100	438,59	487,01	0,48
	4	100	450,05	489,82	0,40
	5	100	445,53	489,76	0,44

Elaborado por: Los Autores

Tabla 17. Porosidad determinada para la M.R.G.

Clase	Estrato	Volumen solido	Peso Seco	Peso humedo	Porosidad
Paramo	1	50	87,739	118,192	0,60906
	2	50	89,255	123,017	0,67524
	3	50	92,79	119,565	0,5355
	4	50	99,262	131,681	0,64838
	5	50	107,173	131,897	0,49448
Bosque Eucalipto	1	50	103,907	134,826	0,61838
	2	50	101,013	125,641	0,49256
	3	50	106,713	137,362	0,61298
	4	50	102,226	131,157	0,57862
	5	50	103,373	132,146	0,57546
Bosque Matorrales	1	50	116,184	136,266	0,40164
	2	50	114,547	134,562	0,4003
	3	50	114,143	134,461	0,40636
	4	50	110,829	128,092	0,34526
	5	50	122,523	142,914	0,40782
Suelo Erosionado	1	50	119,379	142,226	0,45694
	2	50	118,869	142,32	0,46902
	3	50	118,735	145,581	0,53692
	4	50	117,989	141,34	0,46702
	5	50	123,589	148,799	0,5042
Cultivo Hortalizas	1	50	97,581	125,469	0,55776
	2	50	113,983	135,081	0,42196
	3	50	106,114	141,712	0,7120
	4	50	114,856	138,693	0,4767
	5	50	102,763	123,059	0,40592
Cultivo Cereales	1	50	97,081	124,396	0,5463
	2	50	102,501	130,698	0,56394
	3	50	96,173	120,835	0,49324
	4	50	96,613	124,797	0,56368
	5	50	89,496	117,528	0,56064
Cultivo Almidon	1	50	108,759	133,341	0,49164
	2	50	119,465	149,009	0,59088
	3	50	105,959	133,032	0,54146
	4	50	105,092	131,626	0,53068
	5	50	100,505	127,108	0,53206
Pasto	1	50	98,979	134,837	0,71716
	2	50	91,927	123,678	0,6350
	3	50	102,937	136,679	0,67484
	4	50	95,38	127,354	0,63948
	5	50	97,254	133,223	0,71938

Elaborado por: Los Autores

9.6. Anexo 6 Matriz para el Cálculo de la Permeabilidad.

Tabla 18. Cálculo de la Permeabilidad en la M.R.CH

Clase	Estrato	As (m ²)	h ₀ (mm)	h _r (mm)	Dh (m)	V (m ³)	t (s)	Q (m ³ /s)	H ₀ (mm)	H' (mm)	DH (m)	L (m)	J	W (m ²)	K (m/s)	Promedio	
Paramo	1	0.00188574	12	138	0.126	0.0002376	1560	1.52E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,12E-04	8,4406E-05	
		0.00188574	138	224	0.086	0.00016217	1560	1.04E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,67E-05		
		0.00188574	224	296	0.072	0.00013577	1560	8.70E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	6,42E-05		
	2	0.00188574	296	311	0.015	2.8286E-05	180	1.57E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,16E-04	0,00013394	
		0.00188574	311	324	0.013	2.4515E-05	180	1.36E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,00E-04		
		0.00188574	324	348	0.024	4.5258E-05	180	2.51E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,85E-04		
	3	0.00188574	450	464	0.014	2.64E-05	180	1.47E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,08E-04	0,00010818	
		0.00188574	464	481	0.017	3.2058E-05	180	1.78E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,31E-04		
		0.00188574	481	492	0.011	2.0743E-05	180	1.15E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	8,50E-05		
	4	0.00188574	117	127	0.01	1.8857E-05	120	1.57E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,16E-04	0,00010045	
		0.00188574	127	135	0.008	1.5086E-05	120	1.26E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	9,27E-05		
		0.00188574	135	143	0.008	1.5086E-05	120	1.26E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	9,27E-05		
	5	0.00188574	260	267	0.007	1.32E-05	180	7.33E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	5,41E-05	7,4697E-05	
		0.00188574	267	276	0.009	1.6972E-05	180	9.43E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	6,95E-05		
		0.00188574	276	289	0.013	2.4515E-05	180	1.36E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,00E-04		
	Bosque Eucalipto	1	0.00188574	400	421	0.021	3.9601E-05	60	6.60E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,87E-04	0,00044818
			0.00188574	421	440	0.019	3.5829E-05	60	5.97E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,40E-04	
			0.00188574	440	458	0.018	3.3943E-05	60	5.66E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,17E-04	
		2	0.00188574	124	139	0.015	2.8286E-05	60	4.71E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,48E-04	0,00036318
			0.00188574	139	156	0.017	3.2058E-05	60	5.34E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,94E-04	
			0.00188574	156	171	0.015	2.8286E-05	60	4.71E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,48E-04	
		3	0.00188574	310	349	0.039	7.3544E-05	120	6.13E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,52E-04	0,00047136
			0.00188574	349	391	0.042	7.9201E-05	120	6.60E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,87E-04	
			0.00188574	391	432	0.041	7.7315E-05	120	6.44E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,75E-04	
4		0.00188574	186	242	0.056	0.0001056	60	1.76E-06	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,30E-03	0,00116682	
		0.00188574	242	290	0.048	9.0516E-05	60	1.51E-06	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,11E-03		
		0.00188574	290	337	0.047	8.863E-05	60	1.48E-06	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,09E-03		
5		0.00188574	450	494	0.044	8.2973E-05	120	6.91E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	5,10E-04	0,00046364	
		0.00188574	494	532	0.038	7.1658E-05	120	5.97E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,40E-04		
		0.00188574	532	570	0.038	7.1658E-05	120	5.97E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,40E-04		
Suelo Erosionado		1	0.00188574	136	138	0.002	3.7715E-06	180	2.10E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,55E-05	2,0606E-05
			0.00188574	138	141	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05	
			0.00188574	141	144	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05	
		2	0.00188574	255	259	0.004	7.543E-06	180	4.19E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,09E-05	2,8333E-05
			0.00188574	259	262	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05	
			0.00188574	262	266	0.004	7.543E-06	180	4.19E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,09E-05	
		3	0.00188574	372	377	0.005	9.4287E-06	180	5.24E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,86E-05	4,3788E-05
			0.00188574	377	382	0.005	9.4287E-06	180	5.24E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,86E-05	
			0.00188574	382	389	0.007	1.32E-05	180	7.33E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	5,41E-05	
	4	0.00188574	498	502	0.004	7.543E-06	180	4.19E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,09E-05	3,3485E-05	
		0.00188574	502	507	0.005	9.4287E-06	180	5.24E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,86E-05		
		0.00188574	507	511	0.004	7.543E-06	180	4.19E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,09E-05		
	5	0.00188574	99	102	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05	2,3182E-05	
		0.00188574	102	105	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05		
		0.00188574	105	108	0.003	5.6572E-06	180	3.14E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,32E-05		
	Cultivos Cereales	1	0.00188574	383	439	0.056	0.0001056	180	5.87E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,33E-04	0,00037864
			0.00188574	439	488	0.049	9.2401E-05	180	5.13E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,79E-04	
			0.00188574	488	530	0.042	7.9201E-05	180	4.40E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,25E-04	
		2	0.00188574	88	130	0.042	7.9201E-05	180	4.40E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,25E-04	0,00036576
			0.00188574	130	175	0.045	8.4858E-05	180	4.71E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,48E-04	
			0.00188574	175	230	0.055	0.00010372	180	5.76E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,25E-04	
		3	0.00188574	330	375	0.045	8.4858E-05	180	4.71E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,48E-04	0,00036061
			0.00188574	375	424	0.049	9.2401E-05	180	5.13E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,79E-04	
			0.00188574	424	470	0.046	8.6744E-05	180	4.82E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,55E-04	
4		0.00188574	183	233	0.05	9.4287E-05	180	5.24E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,86E-04	0,00037606	
		0.00188574	233	285	0.052	9.8059E-05	180	5.45E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,02E-04		
		0.00188574	285	329	0.044	8.2973E-05	180	4.61E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,40E-04		
5		0.00188574	199	200	0.001	1.8857E-06	180	1.05E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,73E-06	1,0303E-05	
		0.00188574	200	202	0.002	3.7715E-06	180	2.10E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,55E-05		
		0.00188574	202	203	0.001	1.8857E-06	180	1.05E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,73E-06		
Pasto		1	0.00188574	75	161	0.086	0.00016217	960	1.69E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	1,25E-04	5,892E-05
			0.00188574	161	180	0.019	3.5829E-05	960	3.73E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,75E-05	
			0.00188574	180	197	0.017	3.2058E-05	960	3.34E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	2,46E-05	
		2	0.00188574	375	403	0.028	5.2801E-05	960	5.50E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	4,06E-05	5,1676E-05
			0.00188574	403	428	0.025	4.7144E-05	960	4.91E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,62E-05	
			0.00188574	428	482	0.054	0.00010183	960	1.06E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,82E-05	
		3	0.00188574	175	224	0.049	9.2401E-05	960	9.63E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,10E-05	6,1335E-05
			0.00188574	224	276	0.052	9.8059E-05	960	1.02E-07	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	7,53E-05	
			0.00188574	276	302	0.026	4.9029E-05	960	5.11E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	3,77E-05	
	4	0.00188574	410	452	0.042	7.9201E-05	960	8.25E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	6,09E-05	5,9403E-05	
		0.00188574	452	495	0.043	8.1087E-05	960	8.45E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	6,23E-05		
		0.00188574	495	533	0.038	7.1658E-05	960	7.46E-08	1370	1260	0.11	0.153	0.72	0.00188574	5,51E-05		
	5	0.00188574	197	345	0.148	0.00027909	90	3.10E-06	1370	1							

Tabla 19. Calculo de la Permeabilidad en la M.R.G.

Clase	Estrato	As (m ²)	h ₀ (mm)	h _r (mm)	Dh (m)	V (m ³)	t (s)	Q (m ³ /s)	H ₀ (mm)	H' (mm)	DH (m)	L (m)	J	W (m ³)	K (m/s)	Promedio		
Paramo	1	0,001886	373	417	0,044	8,297E-05	180	4,61E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,40E-04	0,0003477		
		0,001886	417	453	0,036	6,789E-05	180	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04			
		0,001886	453	508	0,055	0,0001037	180	5,76E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,25E-04			
	2	0,001886	193	227	0,034	6,412E-05	150	4,27E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,15E-04		0,0003215	
		0,001886	227	262	0,035	6,6E-05	150	4,40E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,25E-04			
		0,001886	262	297	0,035	6,6E-05	150	4,40E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,25E-04			
	3	0,001886	174	202	0,028	5,28E-05	120	4,40E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,25E-04		0,0003052	
		0,001886	202	228	0,026	4,903E-05	120	4,09E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,01E-04			
		0,001886	228	253	0,025	4,714E-05	120	3,93E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,90E-04			
	4	0,001886	393	429	0,036	6,789E-05	120	5,66E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,17E-04		0,0003864	
		0,001886	429	461	0,032	6,034E-05	120	5,03E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,71E-04			
		0,001886	461	493	0,032	6,034E-05	120	5,03E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,71E-04			
	5	0,001886	298	332	0,034	6,412E-05	180	3,56E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,63E-04		0,0002524	
		0,001886	332	363	0,031	5,846E-05	180	3,25E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,40E-04			
		0,001886	363	396	0,033	6,223E-05	180	3,46E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,55E-04			
	Bosque Eucalipto	1	0,001886	280	287	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886		1,62E-04	0,0001545
			0,001886	287	294	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886		1,62E-04	
			0,001886	294	300	0,006	1,131E-05	60	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886		1,39E-04	
2		0,001886	440	445	0,005	9,429E-06	60	1,57E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,16E-04	0,0001082		
		0,001886	445	449	0,004	7,543E-06	60	1,26E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	9,27E-05			
		0,001886	449	454	0,005	9,429E-06	60	1,57E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,16E-04			
3		0,001886	111	121	0,01	1,886E-05	60	3,14E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,32E-04	0,0002164		
		0,001886	121	130	0,009	1,697E-05	60	2,83E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,09E-04			
		0,001886	130	139	0,009	1,697E-05	60	2,83E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,09E-04			
4		0,001886	294	302	0,008	1,509E-05	60	2,51E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,85E-04	0,0001932		
		0,001886	302	310	0,008	1,509E-05	60	2,51E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,85E-04			
		0,001886	310	319	0,009	1,697E-05	60	2,83E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,09E-04			
5		0,001886	132	135	0,003	5,657E-06	30	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,39E-04	0,0001236		
		0,001886	135	138	0,003	5,657E-06	30	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,39E-04			
		0,001886	138	140	0,002	3,771E-06	30	1,26E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	9,27E-05			
Suelo Erosionado		1	0,001886	262	283	0,021	3,96E-05	90	4,40E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,25E-04	0,0002936	
			0,001886	283	300	0,017	3,206E-05	90	3,56E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,63E-04		
			0,001886	300	319	0,019	3,583E-05	90	3,98E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,94E-04		
	2	0,001886	114	124	0,01	1,886E-05	60	3,14E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,32E-04	0,0002395		
		0,001886	124	133	0,009	1,697E-05	60	2,83E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,09E-04			
		0,001886	133	145	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04			
	3	0,001886	446	453	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,62E-04	0,0001623		
		0,001886	453	460	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,62E-04			
		0,001886	460	467	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,62E-04			
	4	0,001886	267	279	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04	0,0002705		
		0,001886	279	290	0,011	2,074E-05	60	3,46E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,55E-04			
		0,001886	290	302	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04			
	5	0,001886	105	111	0,006	1,131E-05	60	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,39E-04	0,0001545		
		0,001886	111	117	0,006	1,131E-05	60	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,39E-04			
		0,001886	117	125	0,008	1,509E-05	60	2,51E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,85E-04			
	Cultivos Almidon	1	0,001886	443	450	0,007	1,32E-05	60	2,20E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,62E-04		0,0002782
			0,001886	450	461	0,011	2,074E-05	60	3,46E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,55E-04		
			0,001886	461	479	0,018	3,394E-05	60	5,66E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,17E-04		
2		0,001886	114	119	0,005	9,429E-06	60	1,57E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,16E-04	0,0001468		
		0,001886	119	125	0,006	1,131E-05	60	1,89E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,39E-04			
		0,001886	125	133	0,008	1,509E-05	60	2,51E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,85E-04			
3		0,001886	232	244	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04	0,0002859		
		0,001886	244	257	0,013	2,451E-05	60	4,09E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,01E-04			
		0,001886	257	269	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04			
4		0,001886	385	388	0,003	5,657E-06	40	1,41E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,04E-04	0,0001043		
		0,001886	388	391	0,003	5,657E-06	40	1,41E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,04E-04			
		0,001886	391	394	0,003	5,657E-06	40	1,41E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	1,04E-04			
5		0,001886	530	536	0,006	1,131E-05	120	9,43E-08	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	6,95E-05	7,727E-05		
		0,001886	536	543	0,007	1,32E-05	120	1,10E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	8,11E-05			
		0,001886	543	550	0,007	1,32E-05	120	1,10E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	8,11E-05			
Pasto		1	0,001886	358	384	0,026	4,903E-05	90	5,45E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,02E-04	0,0003812	
			0,001886	384	411	0,027	5,092E-05	90	5,66E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,17E-04		
			0,001886	411	432	0,021	3,96E-05	90	4,40E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,25E-04		
	2	0,001886	162	175	0,013	2,451E-05	60	4,09E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,01E-04	0,0002936		
		0,001886	175	188	0,013	2,451E-05	60	4,09E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	3,01E-04			
		0,001886	188	200	0,012	2,263E-05	60	3,77E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	2,78E-04			
	3	0,001886	490	510	0,02	3,771E-05	60	6,29E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,64E-04	0,0004791		
		0,001886	510	531	0,021	3,96E-05	60	6,60E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,87E-04			
		0,001886	531	552	0,021	3,96E-05	60	6,60E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,87E-04			
	4	0,001886	362	377	0,015	2,829E-05	45	6,29E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,64E-04	0,0005048		
		0,001886	377	394	0,017	3,206E-05	45	7,12E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	5,25E-04			
		0,001886	394	411	0,017	3,206E-05	45	7,12E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	5,25E-04			
	5	0,001886	295	315	0,02	3,771E-05	60	6,29E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	4,64E-04	0,0005023		
		0,001886	315	338	0,023	4,337E-05	60	7,23E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	5,33E-04			
		0,001886	338	360	0,022	4,149E-05	60	6,91E-07	1370	1260	0,11	0,153	0,72	0,001886	5,10E-04			

Elaborado por: Los Autores

9.7. Anexo 7. Porcentajes de Materia Orgánica y Carbono Orgánico.

Tabla 20. Porcentajes de M.O y C.O en la M.R.CH.

Clase	Peso crisol	Peso Seco	Peso Calcinado	Materia Orgánica (%)	Carbono Orgánico (%)
Páramo	42,756	48,783	48,198	9,71	5,63
Bosque Coníferas	38,338	44,344	44,157	3,11	1,81
Bosque Eucalipto	39,11	45,125	44,922	3,37	1,96
Suelo Erosionado	36,456	42,455	42,334	2,02	1,17
Cultivo Hortalizas	36,449	42,466	42,174	4,85	2,81
Cultivo Cereales	36,406	42,446	41,988	7,58	4,40
Cultivo Almidón	39,889	45,946	45,83	1,92	1,11
Pasto	38,513	44,534	43,712	13,65	7,92

Elaborado por: Los Autores

Tabla 21. Porcentaje de M.O y C.O en la M.R.G.

Clase	Peso crisol	Peso Seco	Peso Calcinado	Materia Orgánica (%)	Carbono Orgánico (%)
Páramo	38,333	44,217	43,525	11,76	6,82
Bosque Eucalipto	39,113	45,169	45,053	1,92	1,11
Bosque Matorral	40,717	46,841	46,656	3,02	1,75
Suelo Erosionado	42,75	48,457	48,363	1,65	0,96
Cultivo Hortalizas	41,098	47,235	47,055	2,93	1,70
Cultivo Cereales	38,515	44,114	44,029	1,52	0,88
Cultivo Almidón	38,518	44,54	44,458	1,36	0,79
Pasto	36,409	42,15	41,64	8,88	5,15

Elaborado por: Los Autores

9.8. Anexo 8. Resultados del Potencial Máximo de Retención en la Microcuencas

Tabla 22. Potencial Máximo de Retención en la M.R.CH.

Microcuenca del río Chibunga			
Clase	HSG	CN	S
Páramo	D	78	72
Humedales		100	0
Bosque Coníferas	C	78	72
Bosque Eucalipto	D	79	68
Nieve y Agua		100	0
Zona Urbana		100	0
Suelo Erosionado	D	88	35
Cultivo Hortalizas	D	89	31
Cultivo Hortalizas	D	89	31
Cultivo Cereales	C	81	60
Pasto	D	79	68

Elaborado por: Los Autores

Tabla 23. Potencial Máximo de Retención en la M.R.G.

Microcuenca del río Guano			
Clase	HSG	CN	S
Páramo	D	78	72
Humedales	-	100	0
Bosque matorrales	D	88	35
Bosque eucalipto	D	46	298
Nieve y agua	-	100	0
Zona urbana	-	100	0
Suelo erosionado	D	88	35
Cultivos almidón (papa)	D	80	64
Cultivos hortalizas	D	80	64
Cultivos cereales (maíz)	D	88	35
Pasto	D	78	72

Elaborado por: Los Autores**9.9. Anexo 9. Parámetros de la Capacidad de Campo****Tabla 24.** Capacidad de Campo en la M.R.CH

Clase	CN	S	2010		2011		2012		2013		2014	
			Pre	Esc								
Páramo	78	72	60,5	23,6	61,2	22,3	59,6	18,5	39,6	8,9	43,1	10,0
Humedales	100	0	61,0	61,0	60,1	49,2	57,5	37,1	36,1	32,5	43,1	43,1
Bosque coníferas	78	72	56,1	20,4	54,8	19,6	49,5	15,1	32,6	7,1	43,1	10,0
Bosque eucalipto	79	68	59,8	31,7	69,8	34,7	53,4	16,2	40,1	14,6	43,1	17,4
Nieve y Agua	100	0	59,2	59,2	60,1	60,1	52,9	53,0	34,5	34,5	43,1	43,1
Zona Urbana	100	0	51,3	51,3	55,8	55,8	45,3	45,3	30,6	30,6	44,6	44,6
Suelo erosionado	88	35	55,7	32,0	54,7	30,9	49,1	23,2	32,4	13,7	43,1	19,9
Cultivos de almidón (papas)	81	60	60,4	33,1	60,3	31,6	58,7	26,7	39,0	15,4	43,1	17,4
Cultivos cereales (maíz)	89	31	51,6	30,1	54,4	32,1	44,9	21,0	30,6	13,5	43,1	21,2
Cultivos hortalizas	89	31	57,5	9,6	62,6	12,0	51,6	6,7	37,0	2,9	43,6	3,2
Pasto	79	68	53,3	6,9	56,9	7,3	47,9	12,2	32,8	10,7	43,2	7,1

Elaborado por: Los Autores**Tabla 25.** Capacidad de Campo en la M.R.G.

Clase	CN	S	2010		2011		2012		2013		2014	
			Pre	Esc								
Páramo	78	72	57,4	21,5	68,7	25,2	60,9	21,5	52,3	14,9	43,1	10,0
Humedales	100	0	58,2	32,4	65,9	41,2	59,9	52,0	47,9	22,5	43,1	33,1
Bosque Matorrales	88	35	58,2	22,5	65,9	35,4	59,9	49,5	47,9	16,3	43,1	15,7
Bosque Eucalipto	46	298	47,3	9,6	55,1	7,3	39,7	6,2	28,3	3,2	41,8	3,9
Zona Urbana	100	0	49,3	28,2	58,5	28,3	44,6	16,4	32,7	13,3	43,1	41,5

Suelo erosionado	88	35	46,5	46,3	54,8	38,2	38,7	16,5	27,6	25,1	41,0	40,9
Cultivos almidón (papa)	80	64	58,0	24,1	61,8	23,5	56,3	21,9	43,3	12,0	43,1	11,6
Cultivos hortalizas	80	64	55,5	22,5	60,4	22,7	53,1	20,3	41,0	10,9	43,1	11,6
Cultivos cereales (maíz)	88	35	46,4	26,0	54,9	19,2	38,5	10,8	27,5	10,5	41,0	11,3
Pasto	78	72	49,0	16,2	54,1	24,8	41,1	22,5	28,2	7,2	44,3	10,9

Elaborado por: Los Autores

9.10. Anexo 10. Porcentaje de Precipitaciones convertidas en escorrentía

Tabla 26. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2010 MRCH

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	41,2	10,2	12,0	51,3	53,9	19,8	23,8	2,6	15,3	19,2	53,9	46,9
Humedales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bosque coníferas	54,0	8,6	7,7	47,4	47,4	22,2	23,8	1,6	13,1	20,0	52,0	46,3
Bosque eucalipto	3,3	29,1	35,1	66,6	54,7	45,8	42,0	26,5	28,3	45,0	69,8	63,3
Nieve y Agua	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zona Urbana	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Suelo erosionado	10,2	29,7	28,5	68,3	68,4	46,6	48,2	16,9	35,7	44,2	71,9	67,8
Cultivos de almidón (papas)	12,6	26,3	27,7	67,6	68,6	37,6	42,0	12,7	33,1	36,5	69,0	63,5
Cultivos cereales (maíz)	14,2	28,0	25,3	65,8	69,8	48,7	51,1	13,3	35,6	44,7	72,8	69,4
Cultivos hortalizas	98,2	0,1	0,9	25,3	17,1	7,0	5,6	0,1	0,4	6,1	30,6	23,5
Pasto	100,0	42,1	40,3	0,1	0,3	9,0	9,3	65,0	31,3	11,9	0,7	0,0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 27. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2011

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	13,4	28,4	18,9	62,8	29,5	16,0	9,2	2,9	25,6	19,5	43,0	46,2
Humedales	100,0	100,0	100,0	66,1	23,9	11,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bosque coníferas	15,5	28,5	16,7	63,3	24,9	1,6	0,8	0,9	18,4	19,5	44,0	37,5
Bosque eucalipto	36,8	67,0	32,1	62,6	32,8	15,2	46,5	31,4	24,8	37,5	61,4	55,8
Nieve y Agua	100,0	100,0	100,0	100,1	99,9	100,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zona Urbana	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Suelo erosionado	39,2	53,3	40,0	79,5	49,3	16,8	14,5	5,0	42,0	43,6	66,1	60,4
Cultivos de almidón (papas)	30,4	45,8	37,1	75,4	47,5	30,8	22,1	12,8	43,8	36,9	60,0	63,3
Cultivos cereales (maíz)	42,9	59,4	45,0	79,9	54,8	21,5	10,9	4,3	44,2	46,6	68,8	62,2
Cultivos hortalizas	2,6	22,8	0,5	43,9	11,3	0,1	3,1	0,1	0,3	5,2	22,2	12,0
Pasto	17,0	0,4	32,9	6,3	4,8	53,4	46,0	98,2	25,9	13,1	0,0	3,6

Elaborado por: Los Autores

Tabla 28. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2012

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	1,3	39,8	19,6	56,4	16,1	7,6	9,4	11,8	4,3	50,9	38,3	4,5
Humedales	100,0	43,0	20,2	56,0	4,9	2,7	0,6	6,7	4,2	100,0	100,0	100,0
Bosque coníferas	1,3	35,5	19,8	52,5	2,0	0,1	16,9	1,7	0,2	49,7	37,3	0,4
Bosque eucalipto	1,1	30,3	17,8	43,2	3,1	1,5	3,3	4,2	5,6	64,3	56,4	21,4

Nieve y Agua	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	99,4	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zona Urbana	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Suelo erosionado	3,2	58,9	44,0	72,7	3,4	8,0	2,3	17,1	11,5	70,3	60,5	12,8
Cultivos de almidón (papas)	2,5	56,7	37,3	71,1	29,2	20,5	26,8	26,6	15,2	67,4	56,8	16,8
Cultivos cereales (maíz)	3,5	58,2	46,6	71,9	2,9	11,9	4,1	19,1	8,9	69,9	59,3	13,3
Cultivos hortalizas	0,4	13,2	3,9	20,9	0,9	5,5	14,2	1,0	1,5	27,0	19,0	2,1
Pasto	0,0	3,1	13,3	0,0	89,9	105,5	469,0	70,3	92,2	0,3	0,7	93,9

Elaborado por: Los Autores

Tabla 29. Porcentaje de Precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2013

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	11,6	33,2	18,4	32,4	37,9	5,2	3,4	1,9	0,0	28,6	13,1	3,0
Humedales	100,0	100,0	100,0	31,7	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bosque coníferas	5,1	33,3	8,1	28,7	33,1	1,1	4,9	0,1	8,0	29,3	7,4	0,4
Bosque eucalipto	31,4	50,4	37,6	27,0	52,5	21,0	31,3	3,2	12,9	49,0	31,4	5,7
Nieve y Agua	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zona Urbana	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Suelo erosionado	23,8	57,2	29,0	52,7	57,1	15,3	1,3	10,2	0,4	53,5	28,0	6,2
Cultivos de almidón (papas)	27,5	51,4	35,3	51,2	56,0	18,2	14,2	13,1	5,4	46,4	29,3	19,7
Cultivos cereales (maíz)	19,1	60,5	34,6	47,7	61,2	18,0	0,0	5,8	0,4	53,9	31,4	9,7
Cultivos hortalizas	1,4	11,5	0,7	9,5	9,1	0,5	0,0	23,7	12,8	13,2	0,3	18,1
Pasto	50,0	2,6	36,8	8,0	2,8	72,2	100,0	100,0	100,0	3,9	39,1	100,0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 30. Porcentaje de precipitaciones convertidas en escorrentía en el año 2014

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	29,5	8,1	34,6	23,7	34,7	14,3	0,0	0,9	20,4	26,9	14,8	16,6
Humedales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bosque coníferas	29,5	8,1	34,6	23,7	34,7	14,3	0,0	0,9	20,4	26,9	14,8	16,6
Bosque eucalipto	47,8	23,1	52,6	41,9	52,7	31,3	4,8	10,1	38,3	45,2	31,9	34,1
Nieve y Agua	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Zona Urbana	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Suelo erosionado	53,7	29,1	58,3	48,1	58,3	37,6	8,5	14,9	44,5	51,2	38,1	40,4
Cultivos de almidón (papas)	47,8	23,1	52,6	41,9	52,7	31,3	4,8	10,1	38,3	45,2	31,9	34,1
Cultivos cereales (maíz)	56,5	32,2	60,9	51,0	61,0	40,7	10,7	17,5	47,5	54,1	41,2	43,5
Cultivos hortalizas	10,2	0,1	13,4	5,1	14,0	1,1	12,7	4,7	4,5	7,8	1,0	1,9
Pasto	4,7	38,8	2,0	9,5	2,0	22,6	100,0	83,9	13,1	6,6	21,9	18,5

Elaborado por: Los Autores

Tabla 31. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2010 M.R.G.

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	44,6	9,4	11,0	48,0	50,9	19,8	23,8	1,7	12,4	17,9	53,2	46,4
Humedales	100,0	22,9	100,0	63,0	65,8	35,2	39,7	10,6	27,4	33,5	66,9	61,1
Bosque Matorrales	6,8	9,5	33,5	48,9	52,0	19,6	23,8	1,8	13,1	18,1	53,4	46,5
Bosque Eucalipto	547,2	0,8	31,3	14,2	24,6	6,5	6,0	9,7	0,2	3,6	29,6	25,8
Zona Urbana	100,0	26,5	1,4	63,4	68,6	47,8	51,1	8,6	33,6	42,3	72,3	69,2
Suelo erosionado	100,0	99,3	100,0	99,1	99,7	100,1	98,8	99,9	99,6	100,0	99,8	99,9

Cultivos almidón (papa)	42,8	12,9	12,5	53,8	55,1	23,3	27,7	1,9	17,6	20,9	56,6	50,5
Cultivos hortalizas	53,2	11,6	9,8	51,3	53,3	23,5	27,7	0,7	16,3	20,2	55,7	50,2
Cultivos cereales (maíz)	100,0	18,2	34,7	54,2	64,9	45,7	42,7	7,3	27,7	40,2	69,1	66,3
Pasto	79,2	3,6	2,9	35,6	43,3	22,2	23,5	0,1	8,5	18,1	49,2	44,9

Elaborado por: Los Autores

Tabla 32. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2011

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	14,9	39,9	19,3	59,4	41,2	20,3	24,5	14,1	0,7	19,5	45,2	49,7
Humedales	29,0	52,1	33,7	100,0	100,0	100,0	35,4	23,9	1,0	35,0	59,4	62,7
Bosque Matorrales	14,4	36,1	18,4	100,0	100,0	100,0	19,5	10,1	0,7	19,5	44,5	48,4
Bosque Eucalipto	4,0	20,4	4,5	13,8	0,0	23,1	9,7	18,8	0,3	5,1	26,6	16,1
Zona Urbana	43,8	65,4	45,1	54,7	31,5	3,6	25,6	16,9	1,4	46,6	69,4	65,1
Suelo erosionado	100,1	100,5	100,0	41,4	13,7	0,2	98,6	98,9	2,9	99,9	100,0	99,5
Cultivos almidón (papa)	17,8	36,0	22,2	64,0	37,2	15,1	15,0	7,2	0,8	23,2	47,9	51,3
Cultivos hortalizas	18,5	36,8	22,1	63,3	37,5	11,1	11,4	4,9	0,8	23,2	48,2	49,5
Cultivos cereales (maíz)	41,2	62,9	42,0	12,7	0,0	24,6	5,8	2,3	1,4	42,9	67,2	57,0
Pasto	17,0	36,9	17,5	86,9	68,8	38,8	0,3	4,7	0,7	19,3	45,2	31,9

Elaborado por: Los Autores

Tabla 33. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2012

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	41,1	38,5	18,8	54,0	28,5	13,3	13,8	17,5	5,2	51,6	34,3	6,8
Humedales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	63,8	51,5	17,9
Bosque Matorrales	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	49,7	35,7	5,9
Bosque Eucalipto	1,4	0,2	2,3	3,1	100,0	53,0	100,0	38,3	91,1	20,9	10,4	6,8
Zona Urbana	33,7	24,7	15,4	44,0	0,1	0,5	0,5	1,9	1,3	69,1	58,4	17,2
Suelo erosionado	20,2	9,9	5,2	23,6	45,2	6,7	34,6	3,0	19,1	99,2	99,3	99,6
Cultivos almidón (papa)	46,4	41,3	22,8	59,1	15,3	9,3	5,5	13,6	3,5	53,8	40,9	6,2
Cultivos hortalizas	45,0	39,2	22,7	58,0	8,8	6,6	2,7	10,6	1,5	53,4	40,4	4,5
Cultivos cereales (maíz)	1,0	0,5	2,9	2,0	100,0	59,9	147,8	44,4	100,0	61,1	50,0	9,1
Pasto	77,0	69,1	61,7	78,8	8,4	24,1	8,5	31,8	20,1	42,9	29,9	0,0

Elaborado por: Los Autores

Tabla 34. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2013

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	22,7	34,1	19,6	37,4	48,1	16,6	26,9	10,6	7,1	31,6	18,4	11,6
Humedales	34,5	49,7	34,8	100,0	60,1	27,4	35,5	19,8	14,9	45,8	31,8	22,1
Bosque Matorrales	19,1	33,9	19,2	100,0	45,2	12,9	19,8	7,3	4,0	29,9	16,7	8,8
Bosque Eucalipto	0,6	16,5	1,5	10,3	11,1	0,8	24,1	100,0	80,2	8,5	0,3	9,5
Zona Urbana	33,6	60,9	40,7	15,3	54,6	29,5	21,6	8,5	0,5	54,6	36,0	16,3
Suelo erosionado	99,9	100,0	100,0	0,3	99,2	99,9	99,1	79,6	97,6	99,7	99,9	99,3
Cultivos almidón (papa)	18,6	37,8	20,9	38,6	45,9	11,6	13,9	6,4	2,1	33,3	17,5	7,6

Cultivos hortalizas	16,1	38,1	19,1	36,2	43,7	10,2	10,3	3,1	0,6	33,5	16,0	5,5
Cultivos cereales (maíz)	19,5	58,2	34,7	15,9	50,5	19,2	1,2	100,0	5,0	48,0	29,4	6,7
Pasto	0,1	34,3	9,2	57,2	33,3	0,8	28,4	8,6	18,3	23,8	7,0	1,3

Elaborado por: Los Autores

Tabla 35. Porcentaje de precipitaciones convertidas a escorrentía en el año 2014

Clase	Porcentaje de Escorrentía mensual											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Páramo	29,5	8,1	34,6	23,7	34,7	14,3	0,0	0,9	20,4	26,9	14,8	16,6
Humedales	100,0	20,9	50,4	39,5	50,5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
Bosque Matorrales	53,7	8,1	34,6	23,7	34,7	37,6	8,5	14,9	44,5	51,2	38,1	40,4
Bosque Eucalipto	0,5	1,4	15,5	10,3	13,0	6,0	58,1	42,0	4,9	0,4	3,6	3,7
Zona Urbana	83,7	100,0	96,2	100,0	87,4	97,7	100,0	95,1	80,0	94,5	100,0	100,0
Suelo erosionado	98,9	100,0	99,6	100,0	98,5	99,9	100,0	99,7	98,6	99,7	100,0	100,0
Cultivos almidón (papa)	33,5	10,8	38,6	27,6	38,7	17,7	0,1	2,1	24,1	30,8	18,2	20,2
Cultivos hortalizas	33,5	10,8	38,6	27,6	38,7	17,7	0,1	2,1	24,1	30,8	18,2	20,2
Cultivos cereales (maíz)	1,6	37,4	56,5	52,6	51,8	7,3	60,5	47,1	9,0	0,8	3,6	4,5
Pasto	33,1	5,0	35,7	21,1	38,1	14,7	0,1	1,2	24,4	28,1	12,9	16,5

Elaborado por: Los Autores

Tabla 36. Precipitaciones medias mensuales según cada estación

Estación	Periodo	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
ESPOCH	2010	6,3	39,3	45,1	124,8	68,9	58,7	59,1	36,1	32,4	58,9	136,4	100,8
	2011	45,2	138,2	52,8	186,0	95,2	34,4	75,7	49,2	27,0	41,9	90,8	89,0
	2012	108,1	63,1	33,3	94,2	24,6	27,5	25,6	28,5	39,4	85,4	74,3	52,2
	2013	9,6	90,5	29,9	43,8	68,5	17,3	6,0	8,5	6,6	49,3	37,2	18,2
	2014	81,7	15,8	75,2	38,0	89,4	38,0	12,6	19,7	65,2	61,7	28,4	38,8
GUANO	2010	2,5	17,7	19,3	52,6	85,0	46,8	33,2	13,5	25,6	39,7	100,5	91,6
	2011	42,1	83,1	41,3	131,3	33,7	14,1	7,9	6,7	33,6	41,7	96,1	59,7
	2012	36,4	31,1	30,5	54,3	3,5	12,3	5,6	8,8	0,0	67,0	47,1	0,0
	2013	18,3	69,8	31,8	8,7	52,2	19,1	6,2	0,0	3,6	46,3	6,5	0,9
	2014	27,4	45,4	60,3	65,9	40,4	33,4	15,3	14,8	15,1	44,7	48,5	39,9
CEVALLOS	2010	8,3	28,8	44,4	81,7	63,6	63,2	55,0	28,9	34,6	14,6	109,0	73,7
	2011	30,2	72,5	27,6	105,7	193,9	47,6	55,2	48,4	45,2	17,8	69,7	90,0
	2012	35,5	24,8	18,5	144,7	32,5	28,8	39,3	35,8	22,1	120,3	18,8	17,9
	2013	36,2	103,8	35,6	34,7	61,3	44,4	53,9	19,8	20,7	61,1	34,0	23,2
	2014	77,0	14,0	1,3	6,7	200,3	189,7	178,9	162,5	105,9	219,2	146,4	68,3
TISALEO	2010	21,4	44,0	49,2	118,0	91,3	92,3	58,2	54,1	59,3	21,2	111,1	36,6
	2011	44,2	105,5	62,6	141,3	68,7	70,1	68,0	47,7	44,7	12,0	48,6	53,0
	2012	62,4	62,0	39,7	91,4	58,8	28,3	32,9	53,1	32,8	71,5	62,4	36,3
	2013	31,9	88,8	55,4	46,5	85,8	45,3	55,7	34,9	32,4	55,1	52,9	28,7
	2014	60,6	17,7	61,7	51,2	99,9	47,6	48,5	64,1	43,9	56,6	28,1	43,5
SHIRY XII	2010	21,4	44,0	49,2	118,0	91,3	92,3	58,2	54,1	59,3	21,2	111,1	36,6
	2011	25,4	121,0	130,6	237,8	85,7	66,9	19,3	25,6	54,7	118,2	75,0	73,0
	2012	125,0	94,0	40,0	121,8	21,1	15,2	19,0	28,8	46,8	98,7	109,3	57,8
	2013	38,4	61,7	71,2	77,9	152,0	49,5	34,8	18,3	18,0	55,9	29,4	58,9
	2014	58,8	28,3	68,9	49,8	68,8	36,1	13,7	17,6	44,1	54,5	36,9	39,3
SAN JUAN	2010	3,9	32,2	32,1	129,8	119,9	44,6	56,9	19,9	42,2	43,2	125,8	102,0
	2011	33,8	47,6	45,9	230,2	25,6	29,9	14,0	10,7	52,7	30,5	84,8	98,1
	2012	112,4	74,6	52,1	156,9	16,7	17,8	11,6	23,6	19,4	134,5	91,9	18,2
	2013	25,4	52,4	36,9	72,7	68,7	19,0	10,3	17,5	10,0	51,7	23,9	14,4
	2014	57,0	29,3	68,4	50,7	67,1	35,9	13,8	17,5	42,4	54,0	37,5	39,3
CEBADAS	2010	3,5	34,9	38,6	69,5	77,9	50,5	52,9	23,5	27,1	53,6	130,2	124,9
	2011	52,8	116,1	80,9	286,6	59,5	33,1	104,3	19,3	27,5	94,7	91,1	54,5
	2012	96,5	67,7	28,4	223,5	29,3	12,5	16,6	6,9	8,5	51,2	30,0	4,6
	2013	44,1	50,5	28,7	31,3	157,3	23,0	61,0	6,1	12,8	47,8	49,9	66,5
	2014	63,0	26,0	70,1	47,6	72,6	36,4	13,5	18,0	48,0	55,9	35,3	39,2
ALAO	2010	25,2	25,2	126,5	158,5	215,4	219,8	130,1	89,2	93,2	174,7	177,2	215,9
	2011	105,3	185,3	86,6	252,8	159,1	219,2	183,7	85,0	144,1	77,2	532,7	201,3
	2012	154,2	76,3	96,7	198,6	232,6	94,8	135,4	100,2	95,8	153,5	92,5	71,7
	2013	98,7	145,1	105,4	80,6	111,5	78,5	169,2	36,9	95,8	63,0	95,3	21,7
	2014	69,5	22,4	71,9	44,3	78,4	37,0	13,2	18,6	54,0	57,9	32,9	39,0
PANGOR-J	2010	143,6	152,6	156,9	547,3	257,3	172,6	73,9	16,6	39,1	25,3	96,7	128,0
	2011	78,0	131,2	43,6	234,5	52,7	19,4	87,6	32,9	45,6	42,2	85,4	94,9

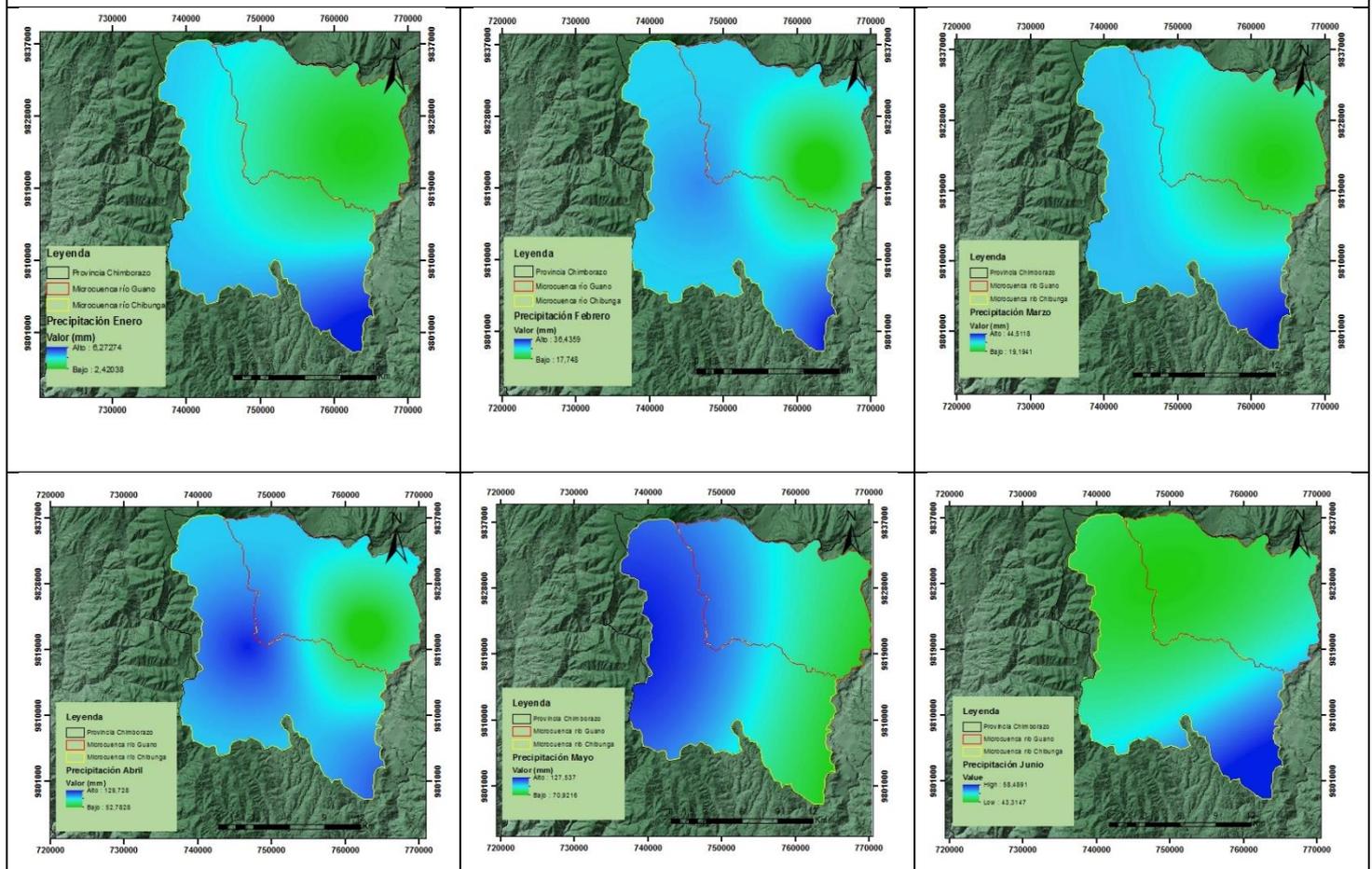
	2012	158,2	124,4	54,5	129,9	20,5	20,1	1,6	20,6	20,4	112,7	125,5	33,8
	2013	42,6	118,5	55,9	59,8	168,0	9,5	44,1	9,0	18,5	89,2	6,0	50,0
	2014	58,3	28,5	68,8	50,0	68,3	36,0	13,8	17,6	43,7	54,4	37,0	39,3
GUASLAN	2010	34,5	9,7	75,4	25,9	75,3	38,4	7,4	12,0	39,0	66,6	18,0	13,2
	2011	39,4	87,5	18,3	100,2	52,6	20,1	37,6	22,7	33,5	52,7	94,9	62,2
	2012	55,6	77,5	30,7	65,7	23,0	15,4	16,2	22,4	15,4	110,6	89,4	9,7
	2013	39,3	57,5	27,7	59,2	54,0	23,7	25,5	10,3	11,3	72,8	18,0	10,4
	2014	65,3	24,7	70,7	46,4	74,6	36,6	13,4	18,2	50,1	56,6	34,5	39,1

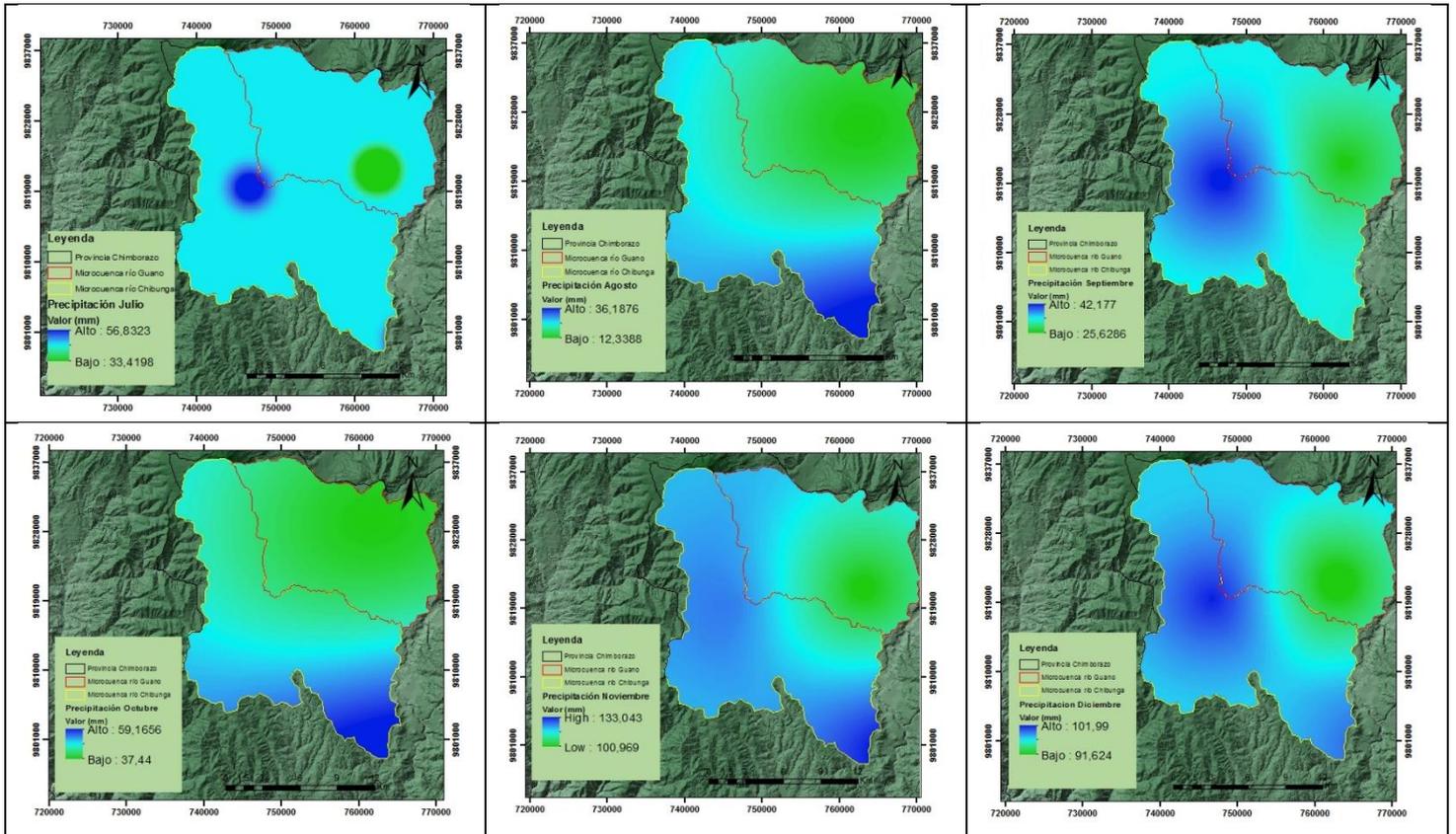
Elaborado por: Los Autores

9.11. Anexo 11: Mapas de precipitaciones medias anuales en las Microcuencas

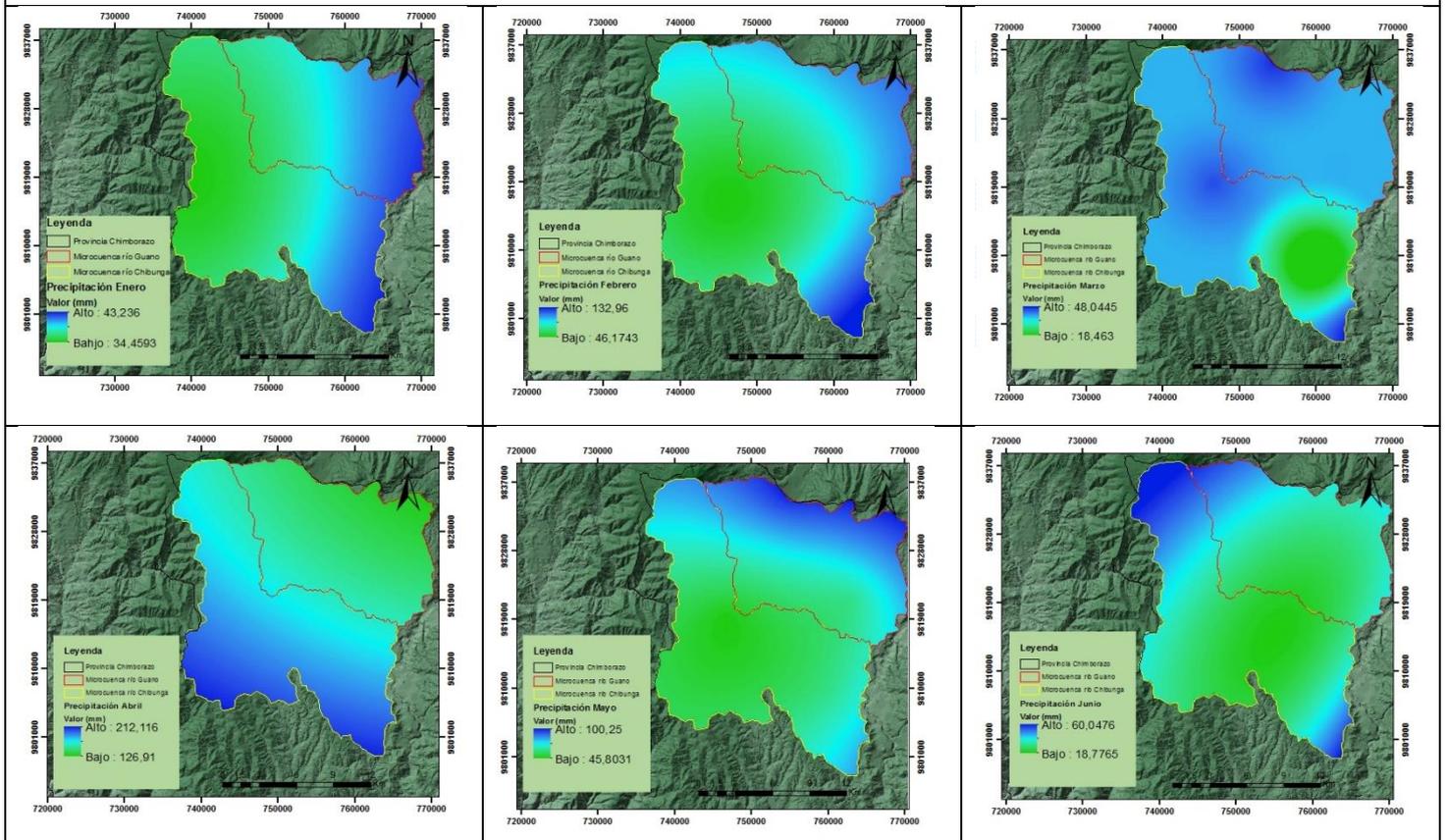
MAPAS DE PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN LAS MICROCUENCAS

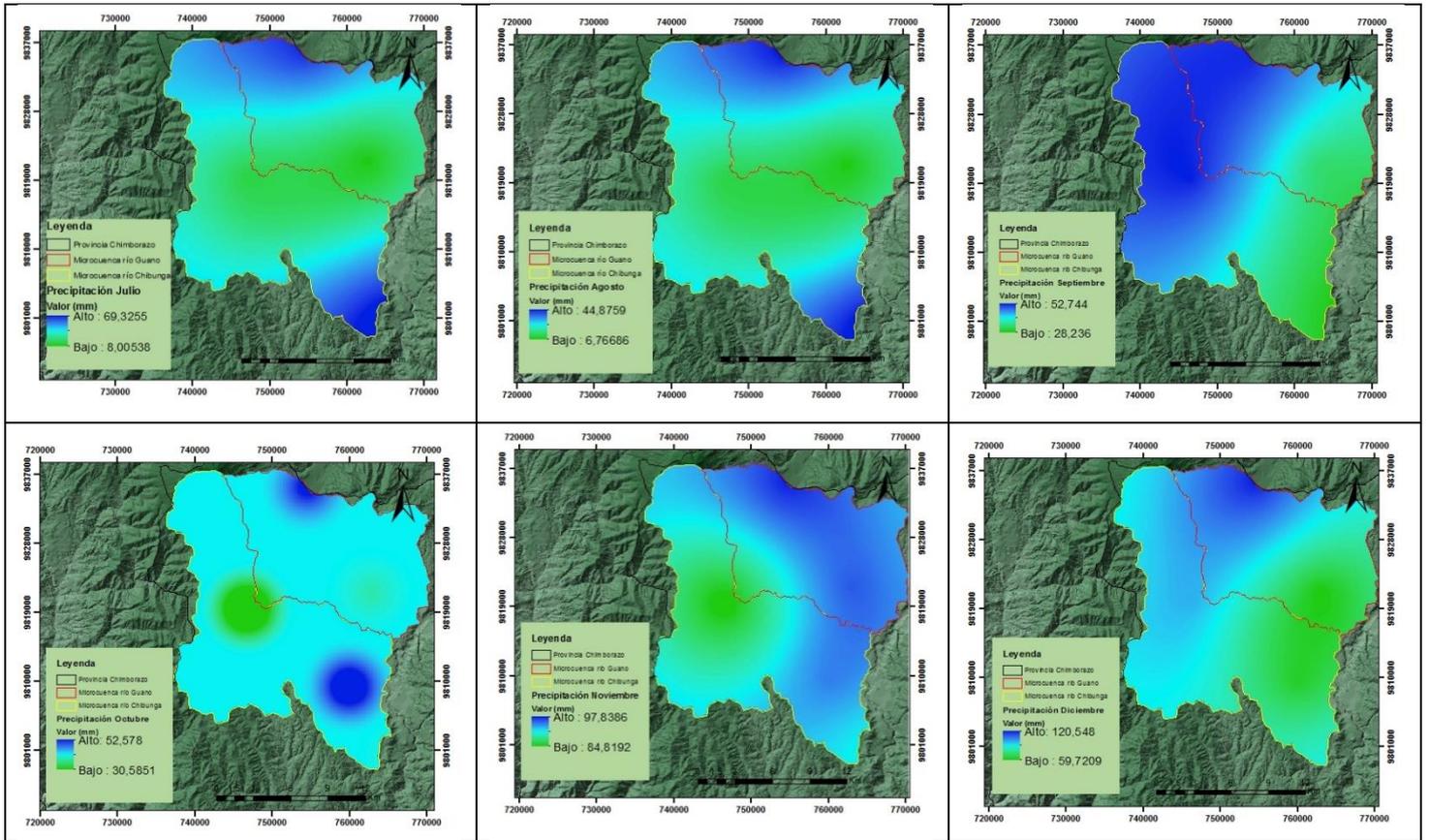
AÑO 2010



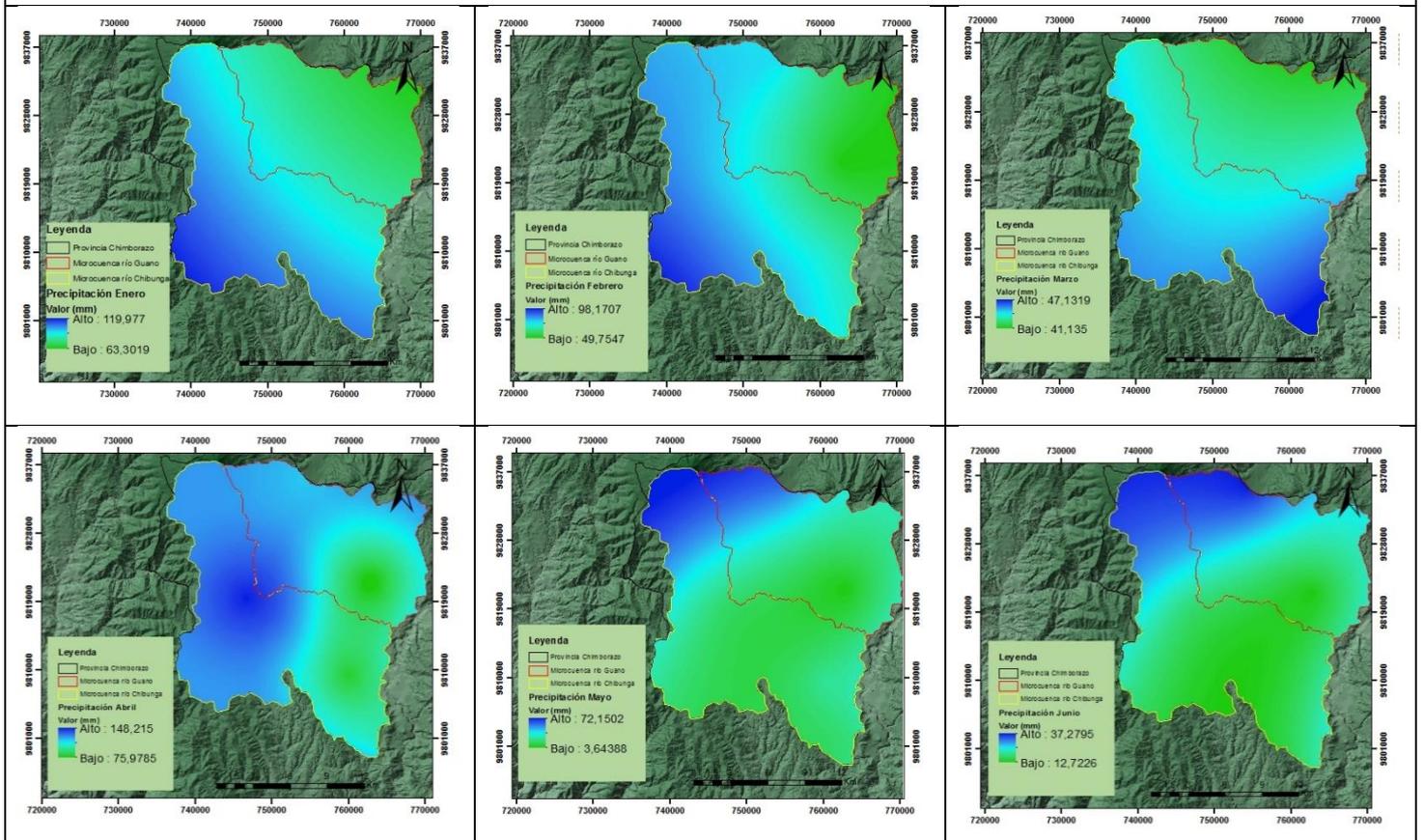


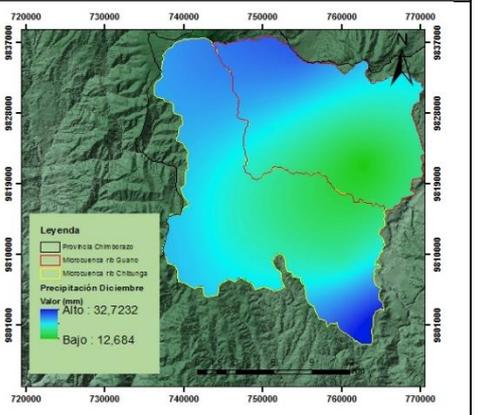
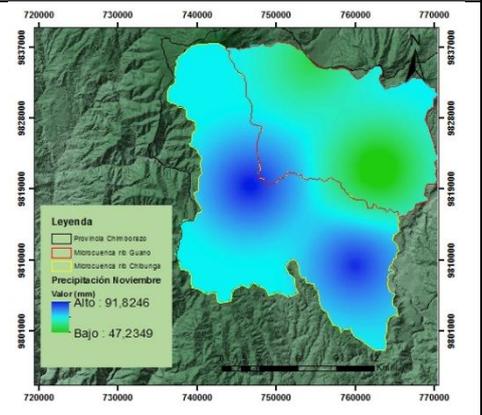
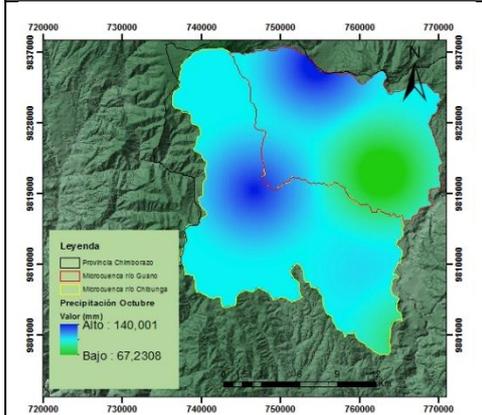
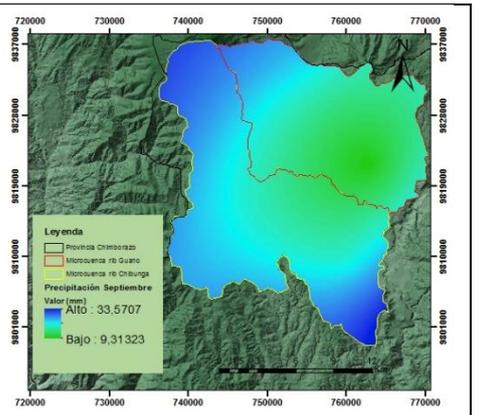
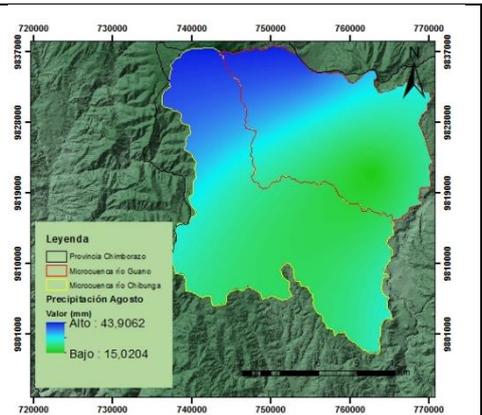
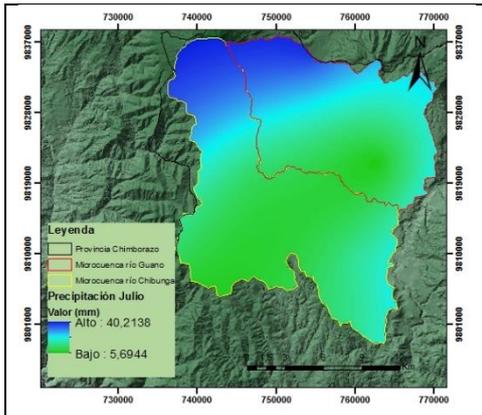
AÑO 2011



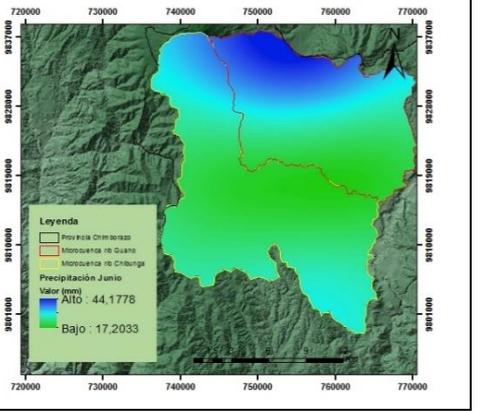
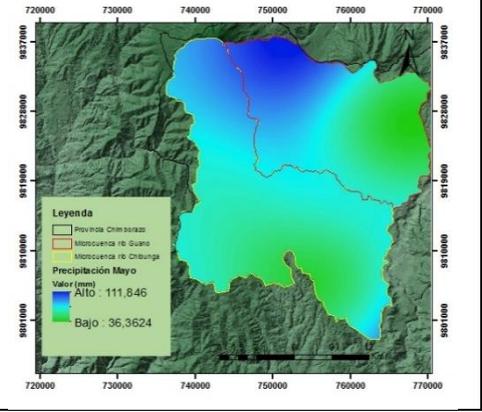
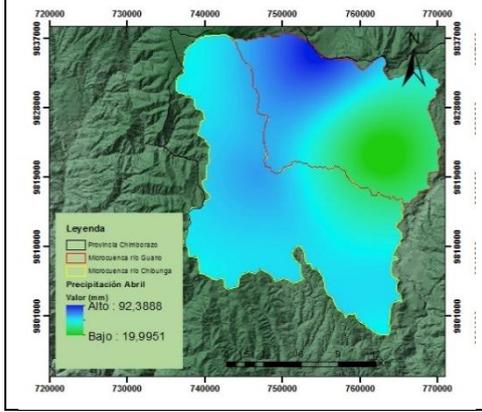
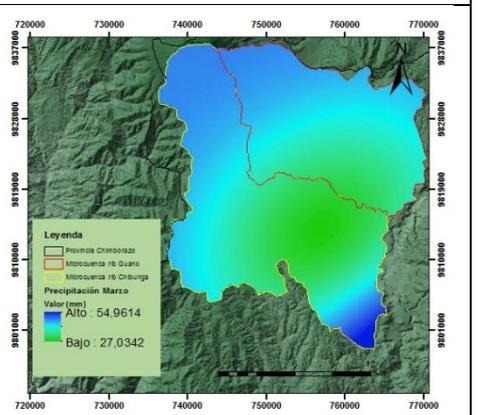
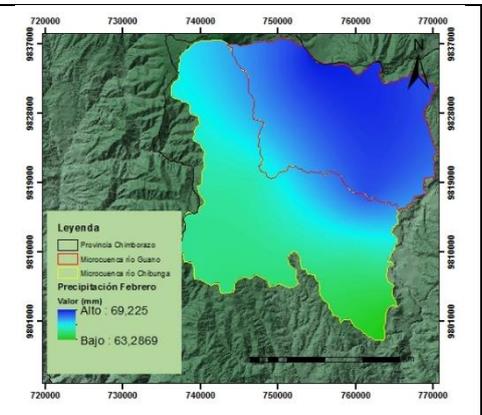
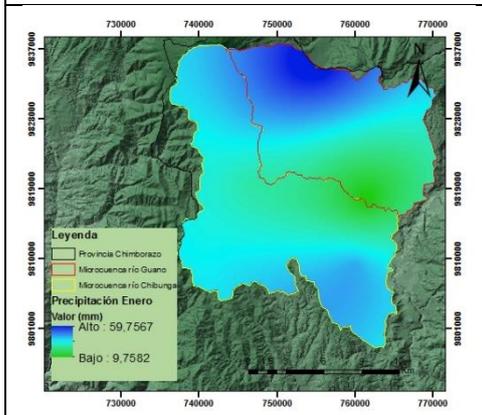


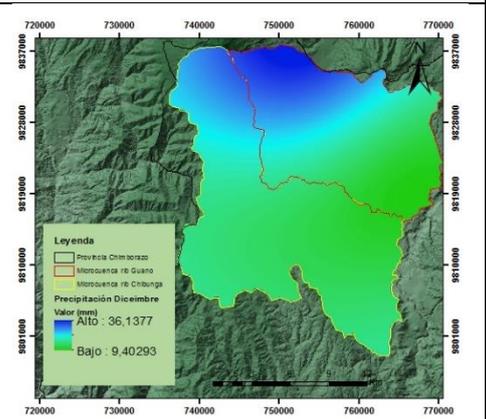
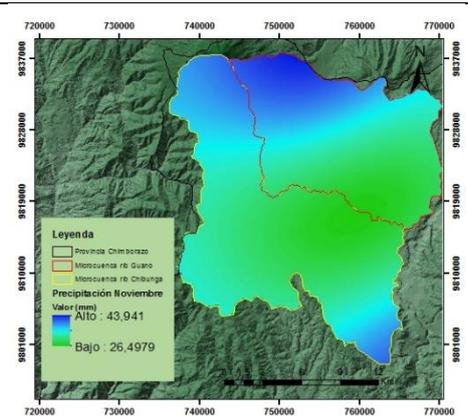
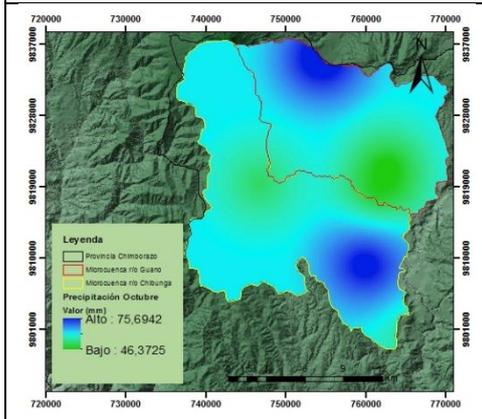
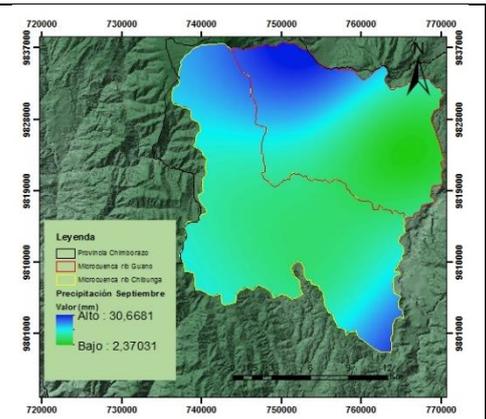
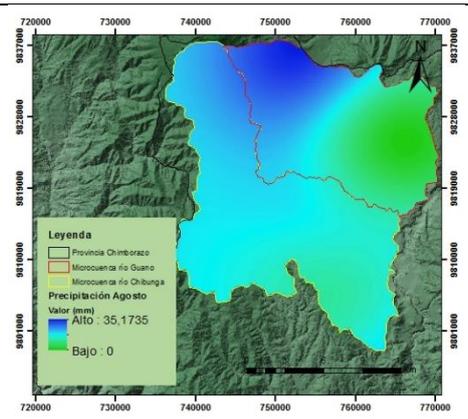
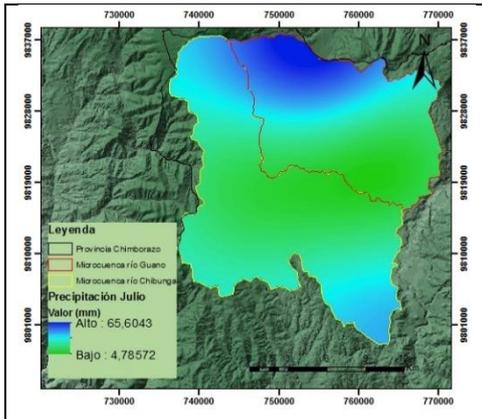
AÑO 2012



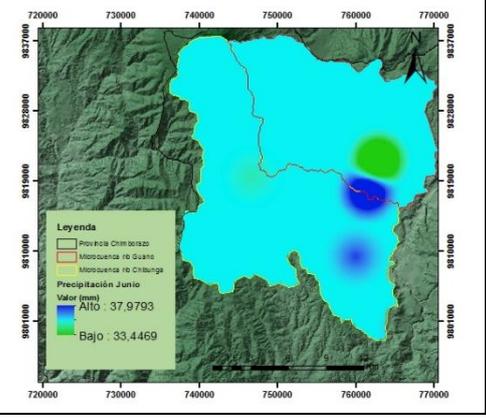
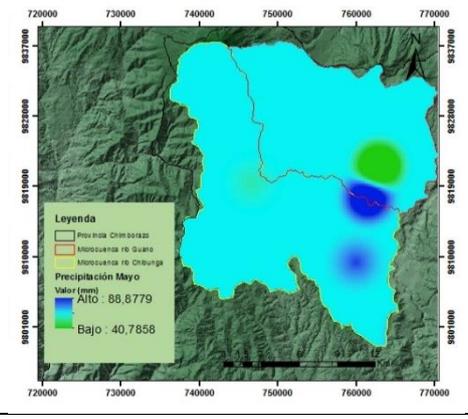
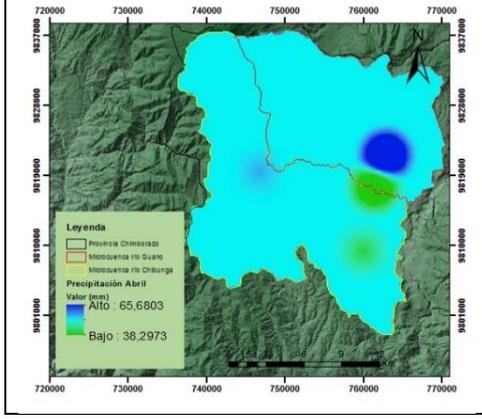
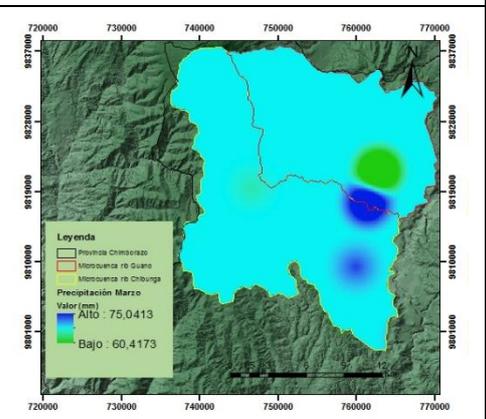
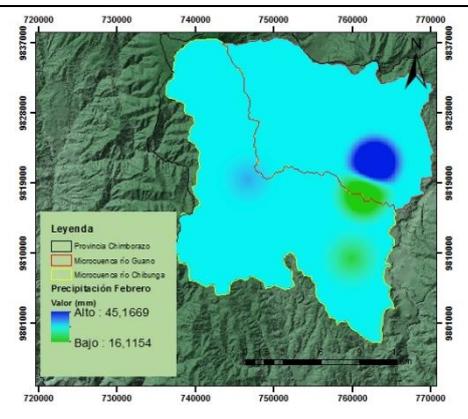
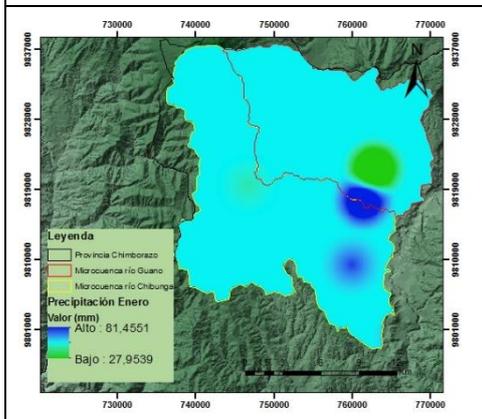


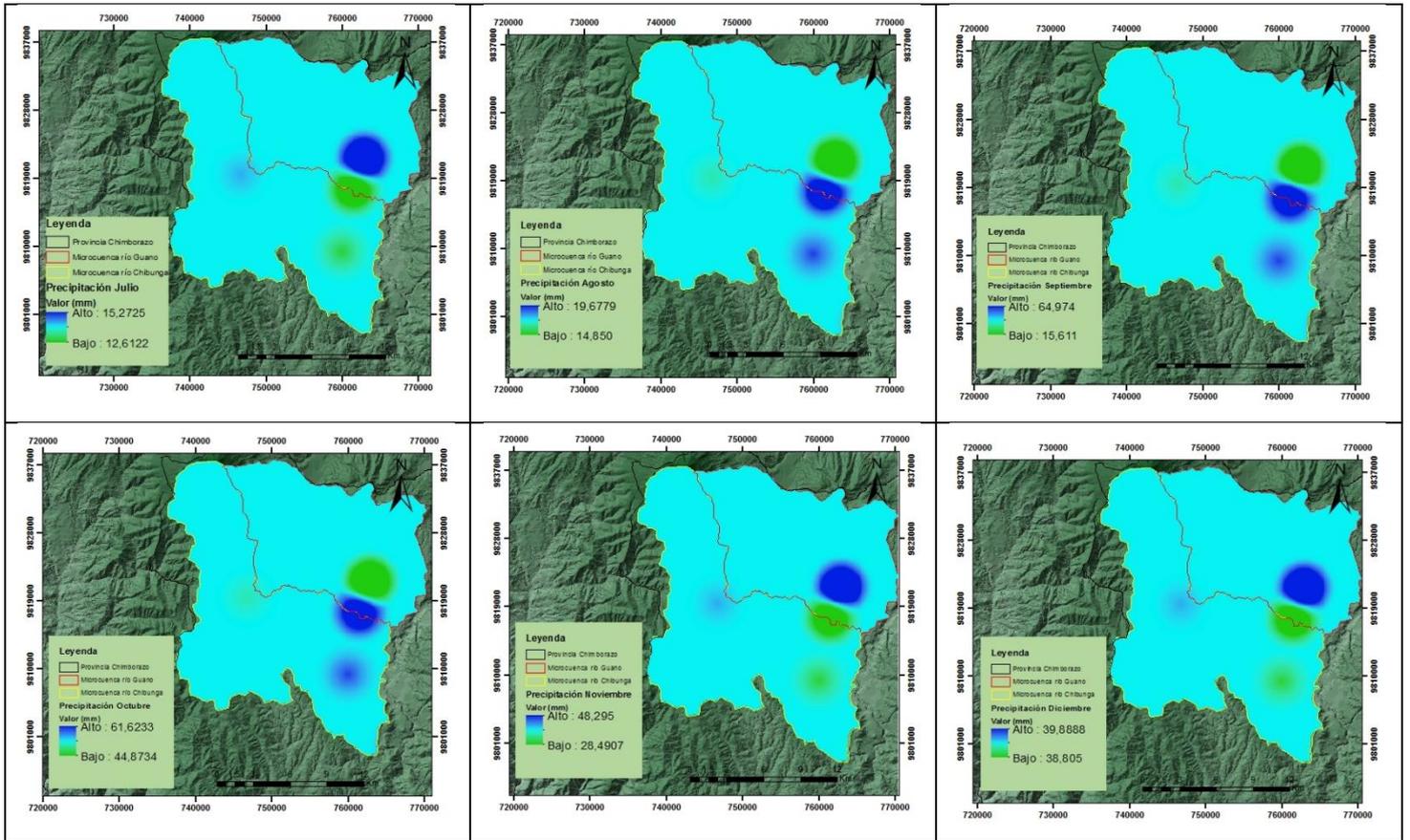
AÑO 2013





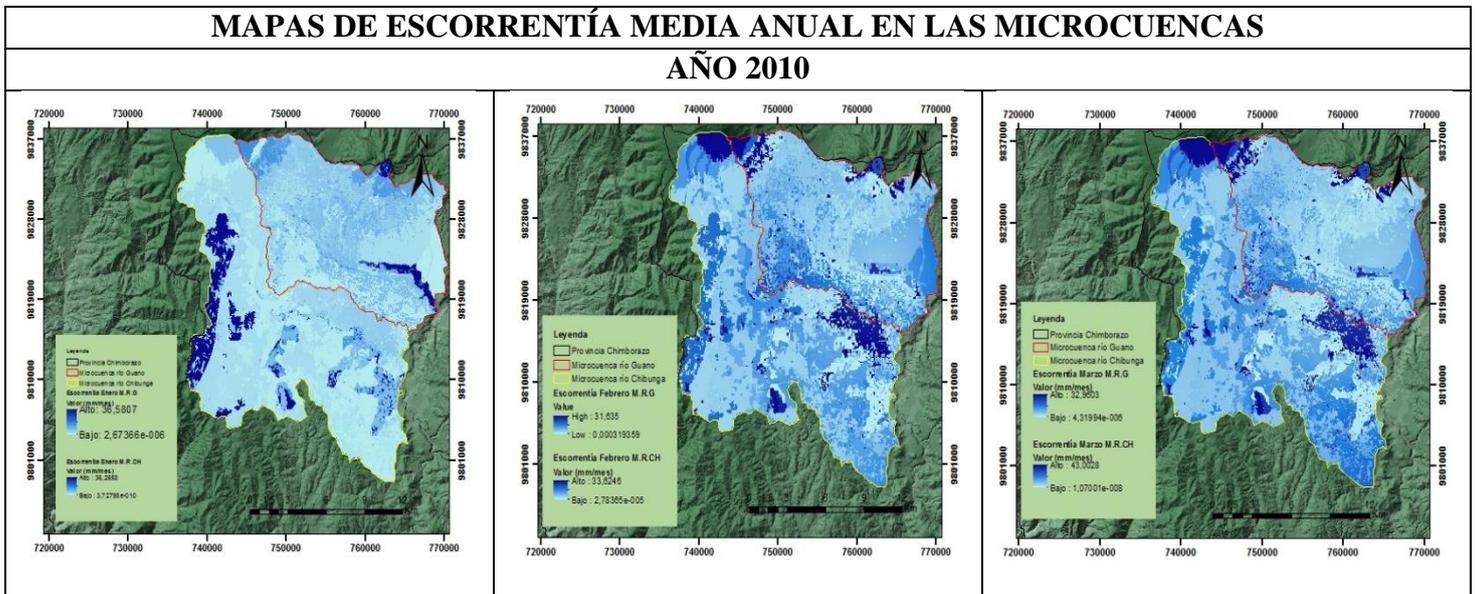
AÑO 2014

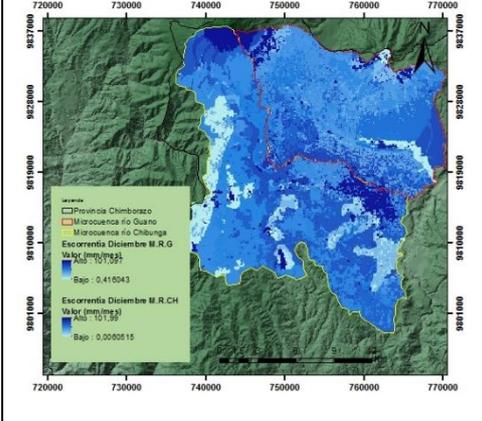
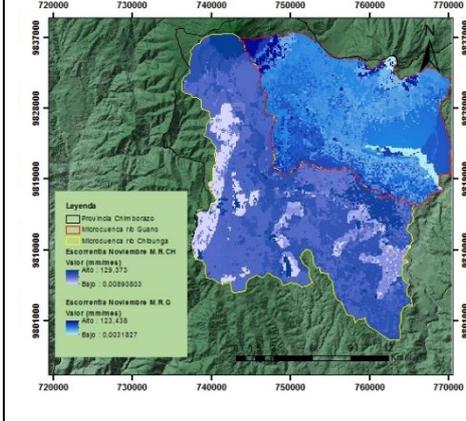
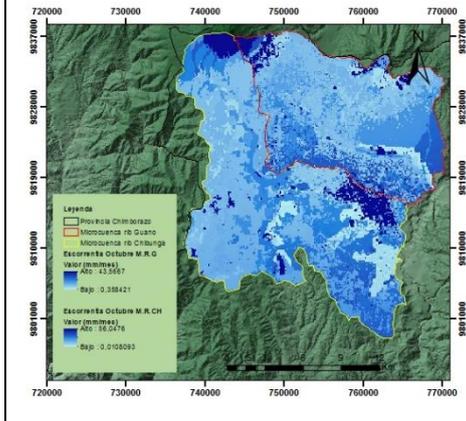
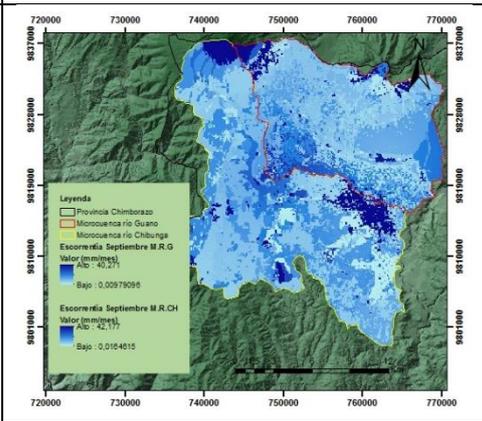
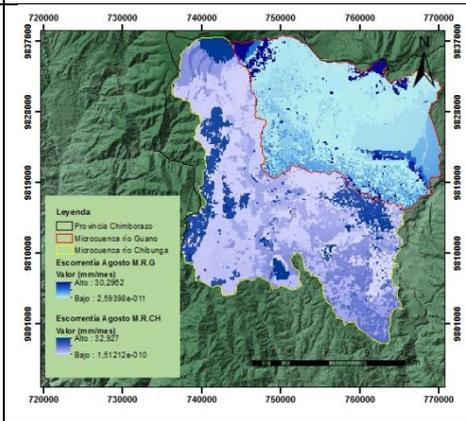
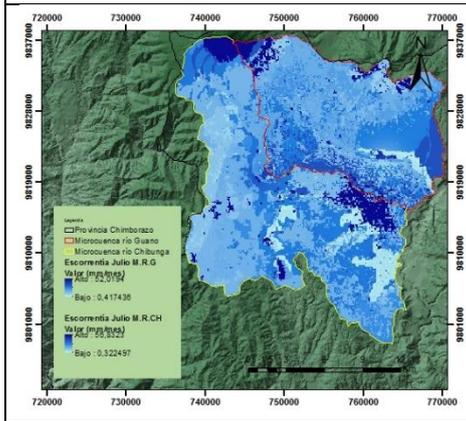
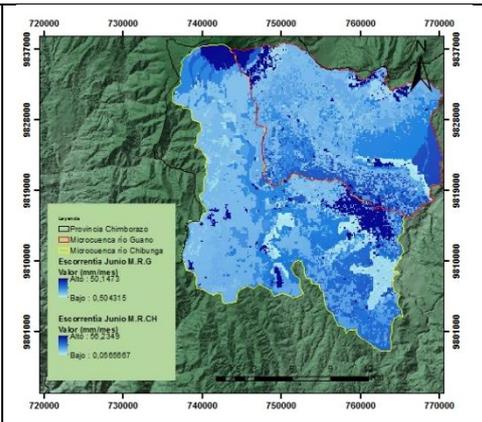
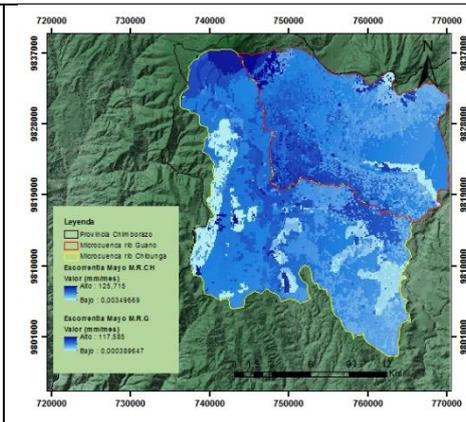
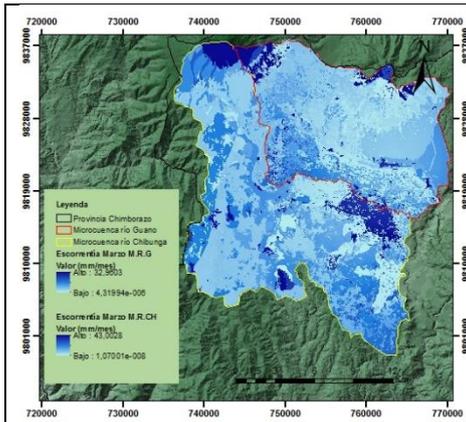




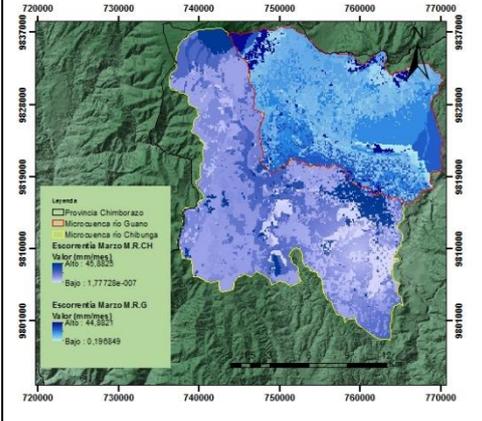
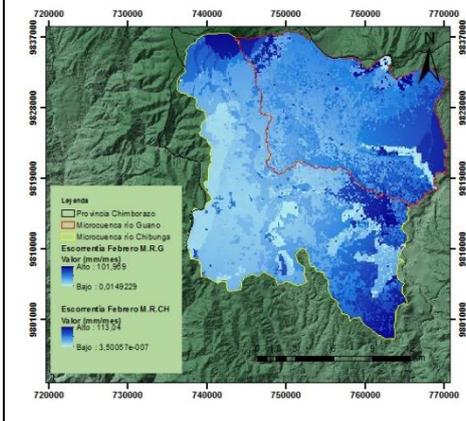
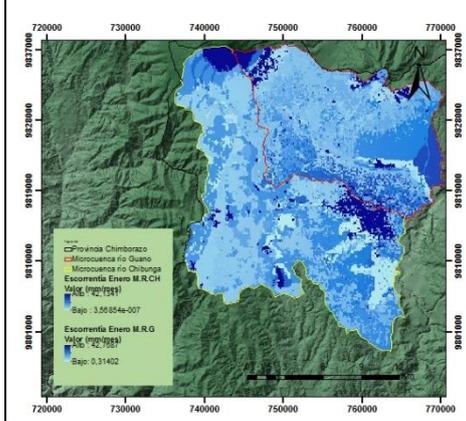
Elaborado por: Los Autores

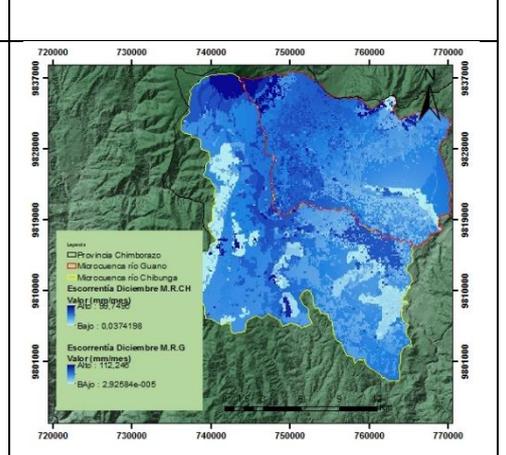
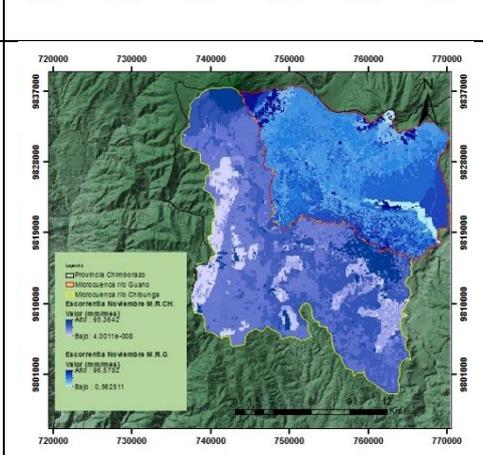
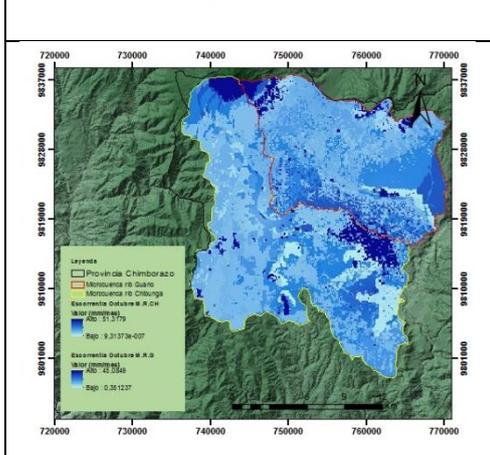
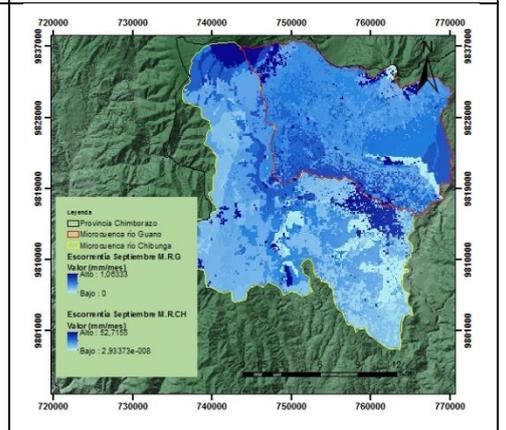
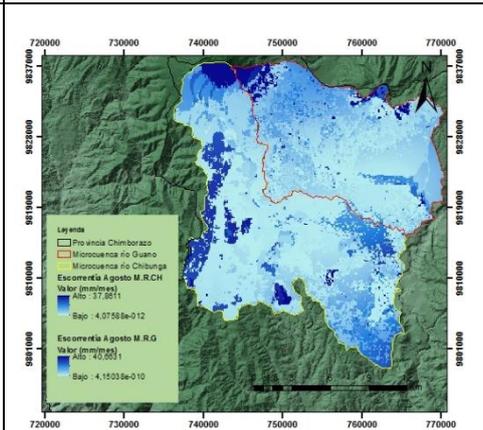
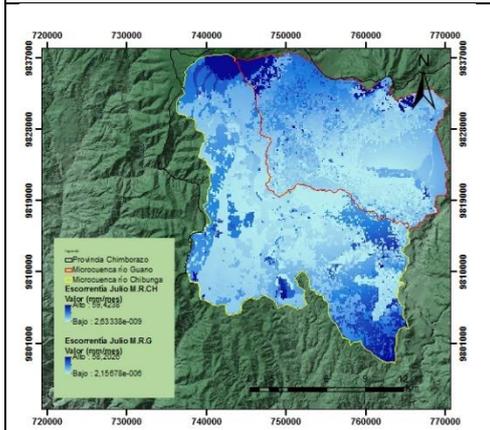
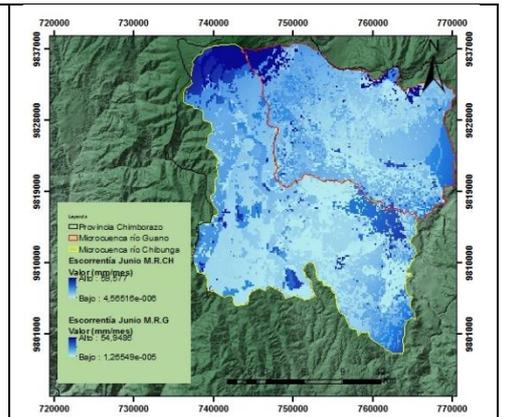
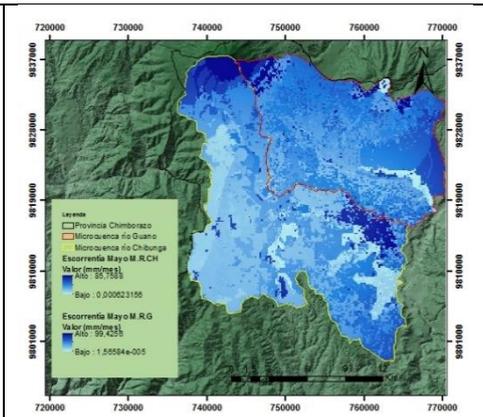
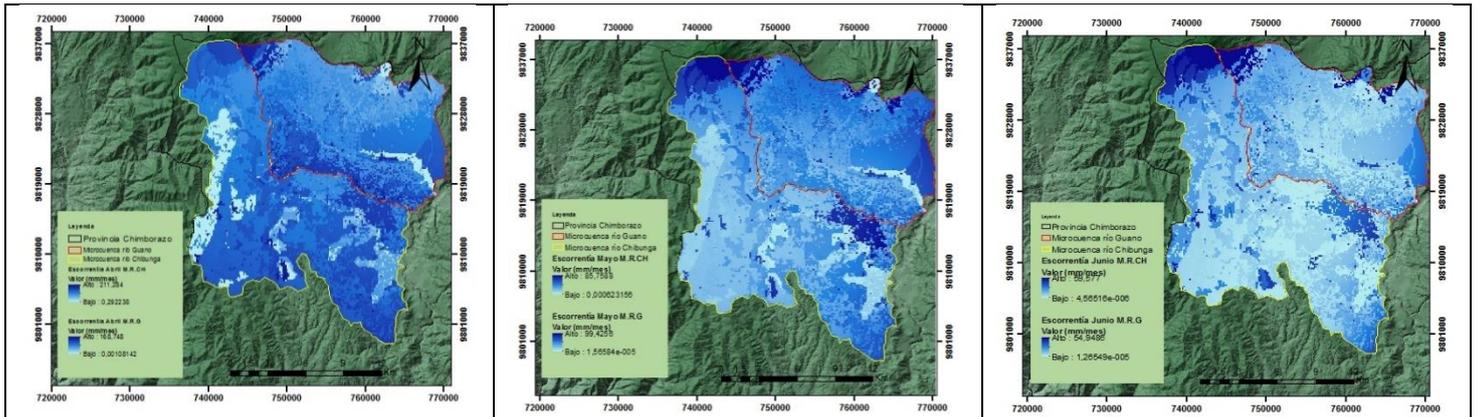
9.12. Anexo 12. Mapas de Escorrentía media anual en las microcuencas



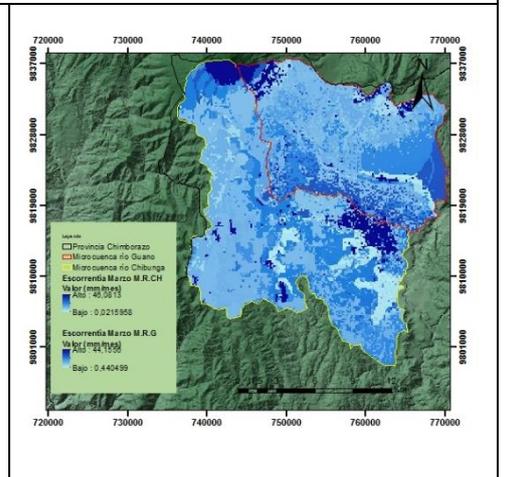
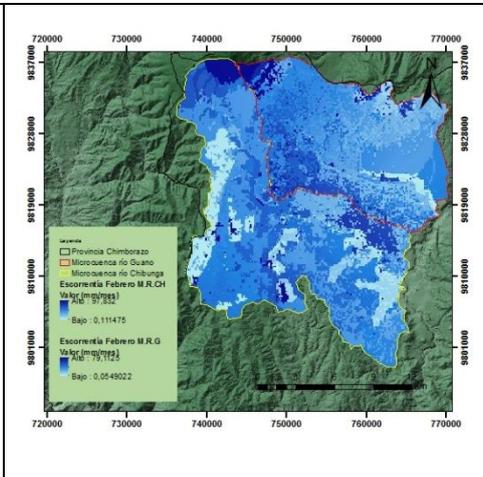
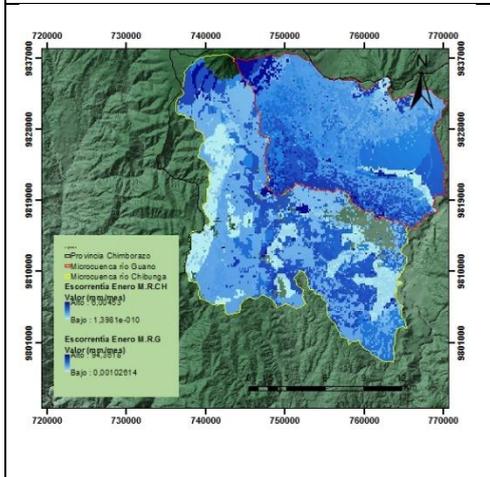


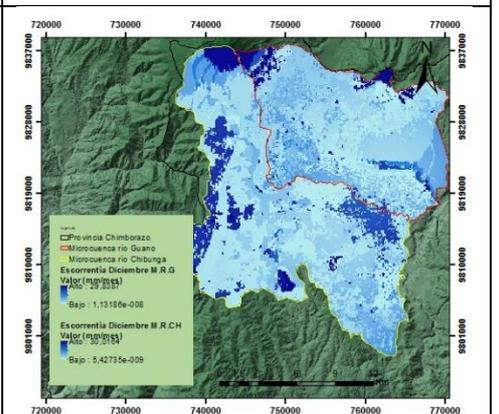
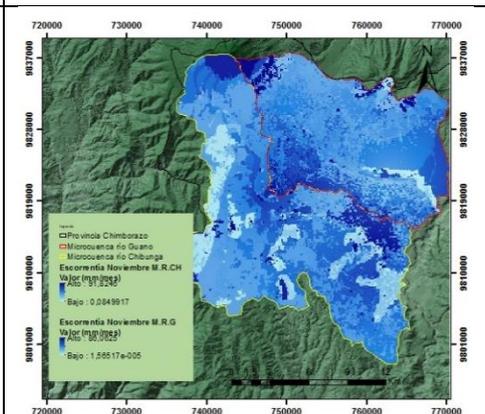
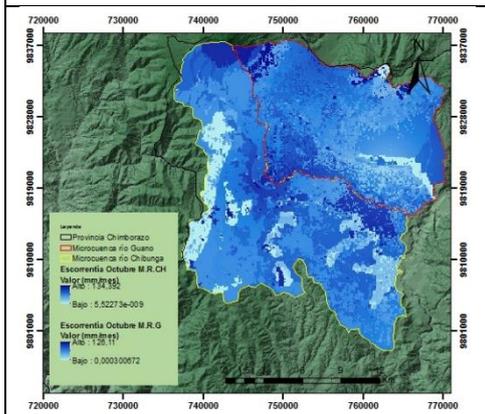
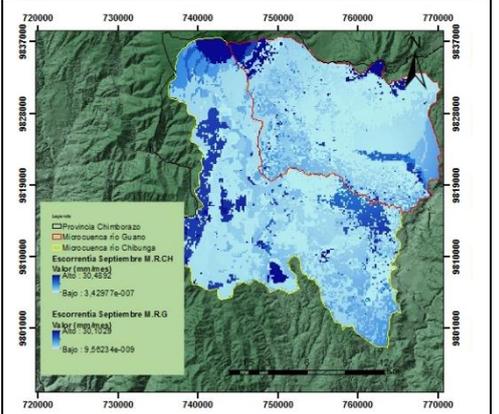
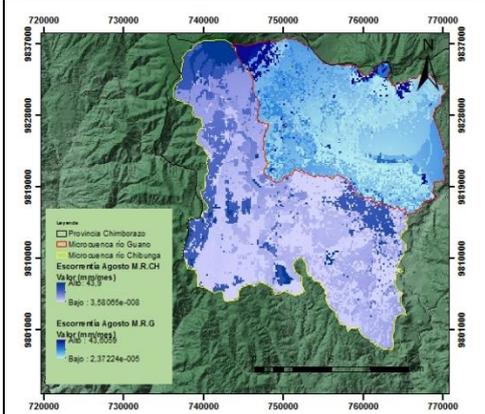
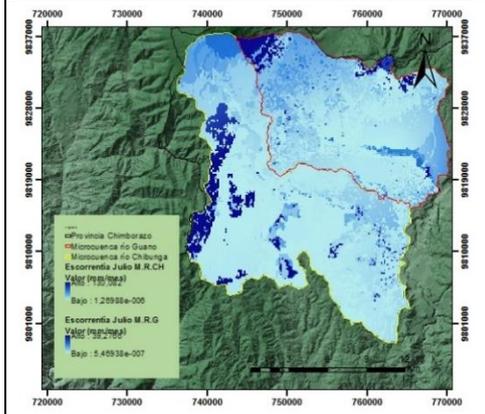
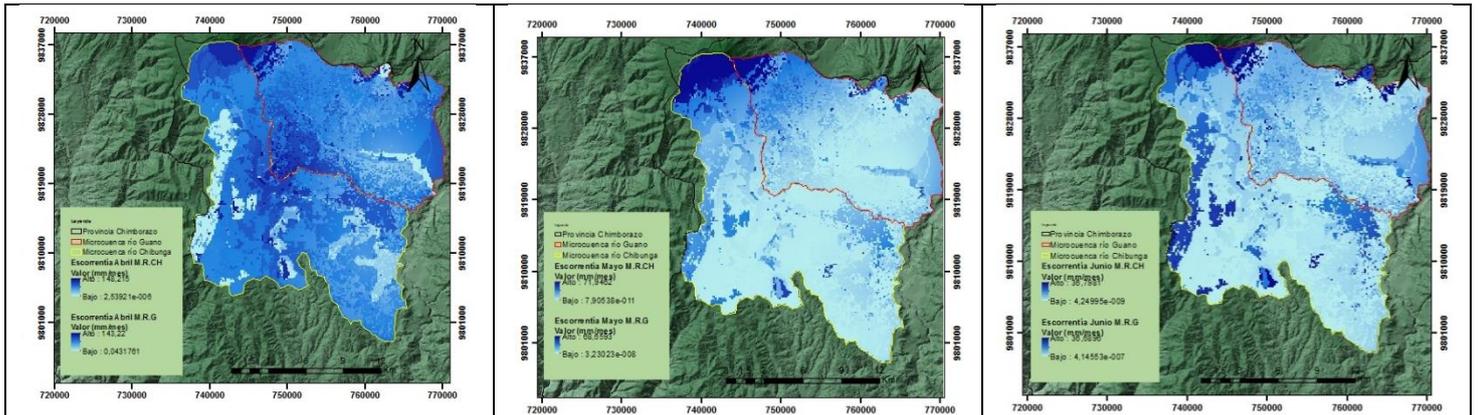
ÑO 2011



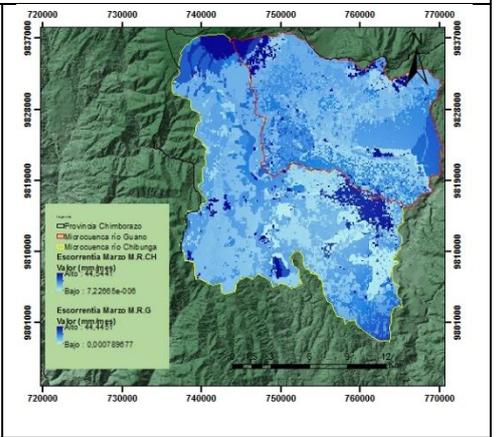
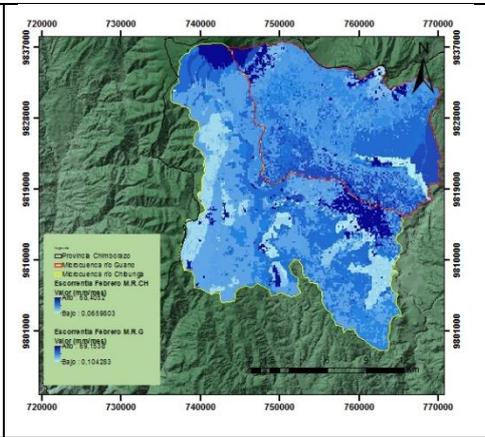
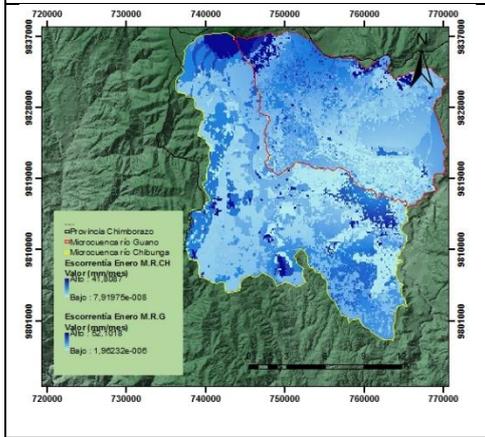


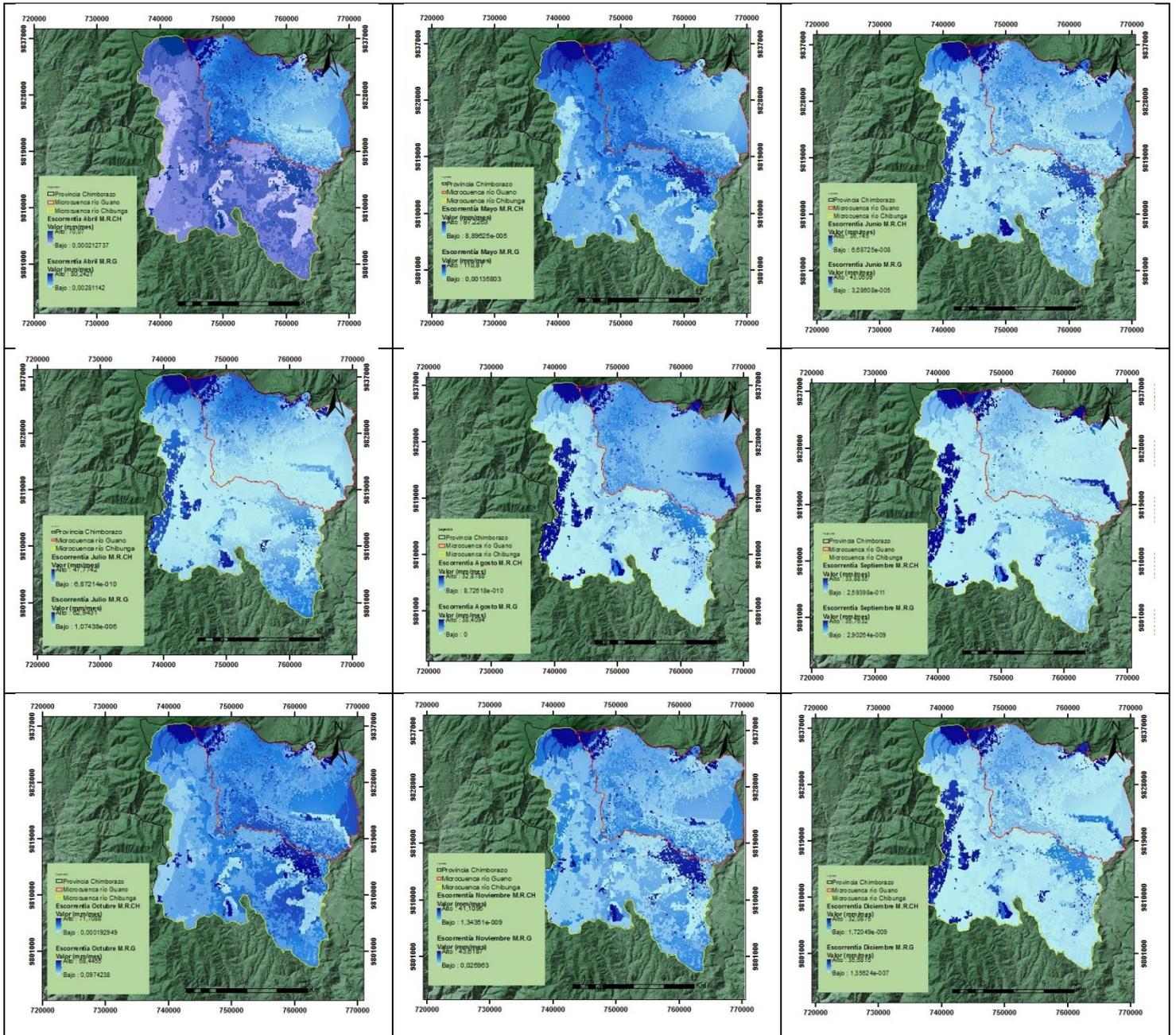
AÑO 2012



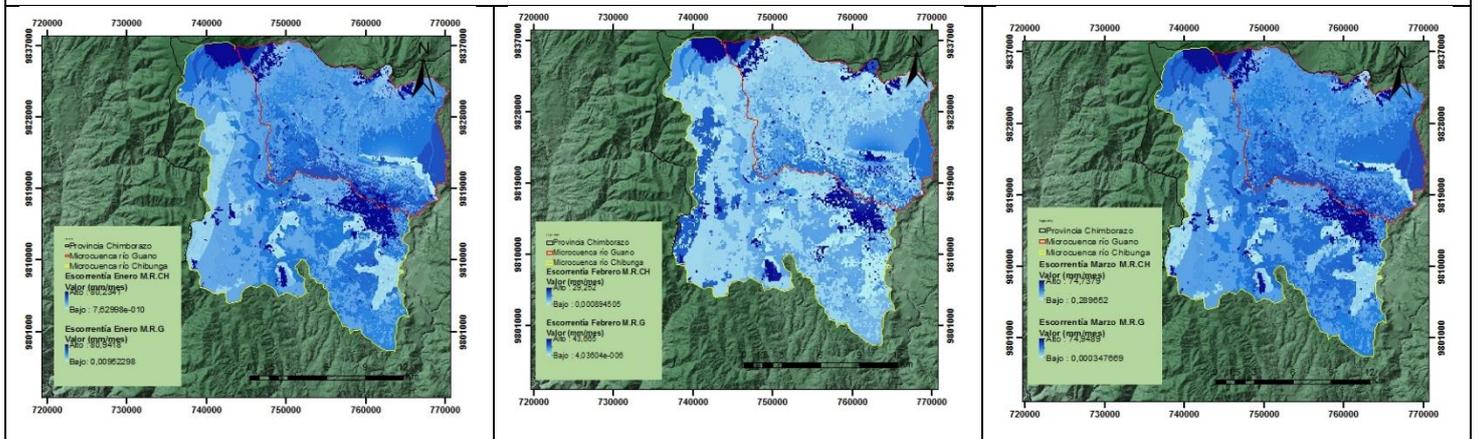


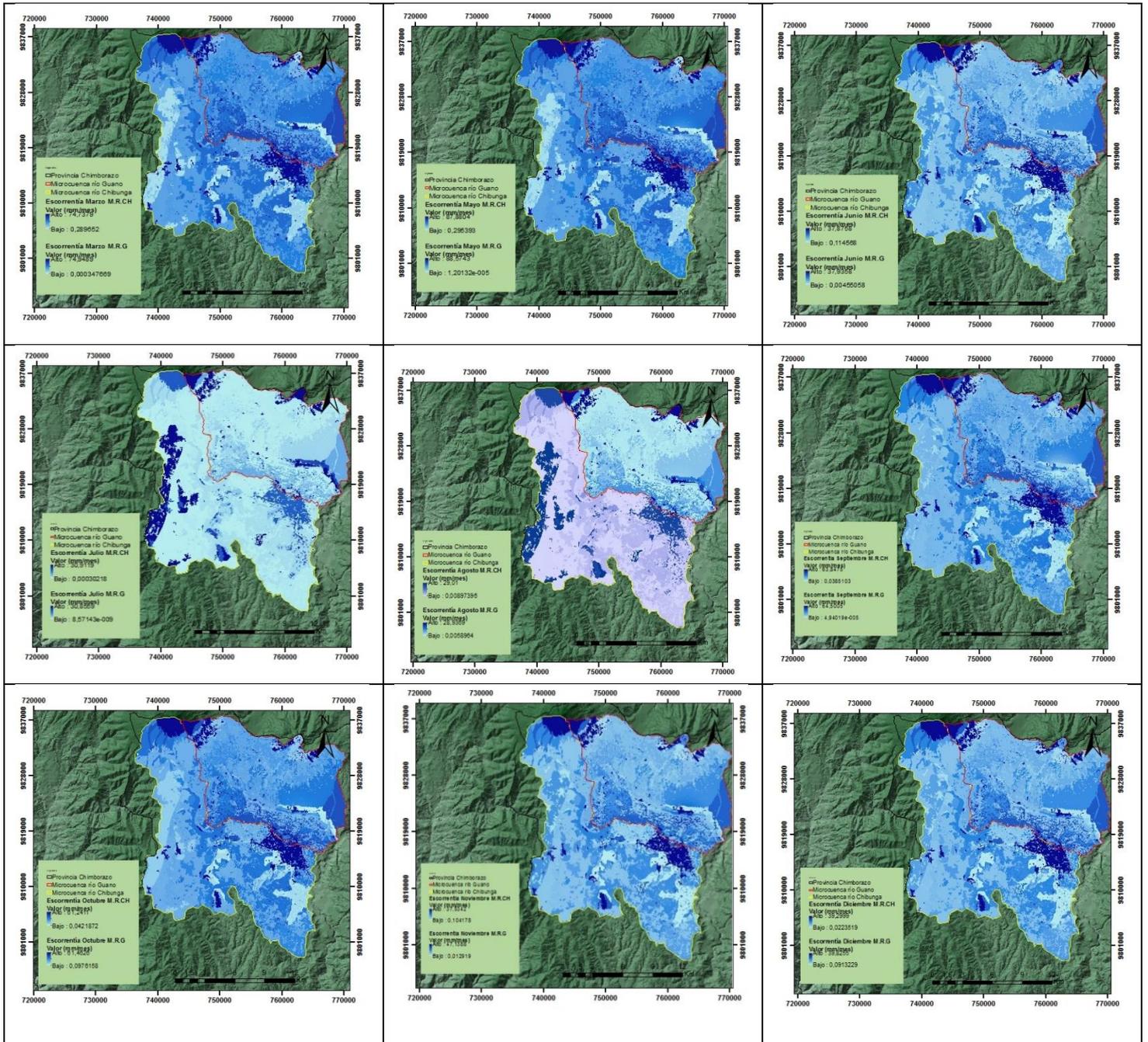
AÑO 2013





AÑO 2014





Elaborado por: Los Autores

9.13. Anexo 13. Fotográfico

