



*“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”*

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

### **Trabajo de Tesis**

Incidencia del uso de suelo en el Balance Hídrico de  
Suelo propuesto por Schosinsky

### **Autoras**

Br. Katerin Yulissa Herrera Talavera  
Br. Dayana Karina Moreno Rivas

### **Asesoras**

MSc. Ingeborg María Beck  
MSc. Raquel Izabá Ruíz

**Managua, Nicaragua**  
**Octubre, 2022**



*“Por un Desarrollo  
Agrario  
Integral y Sostenible”*

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

## **FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE**

### **Trabajo de Tesis**

Incidencia del uso de suelo en el Balance  
Hídrico de Suelo propuesto por Schosinsky

#### **Autoras**

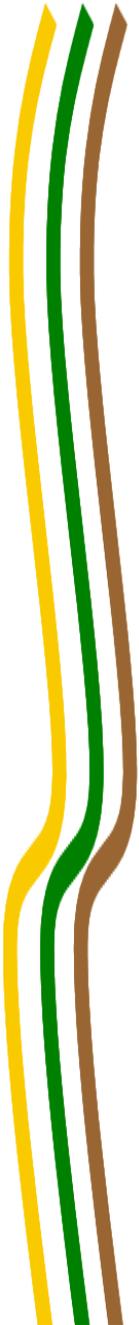
Br. Katerin Yulissa Herrera Talavera  
Br. Dayana Karina Moreno Rivas

#### **Asesoras**

MSc. Ingeborg María Beck  
MSc. Raquel Izabá Ruíz

Presentado a la consideración del honorable Comité  
Evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniería en Recursos Naturales

**Managua, Nicaragua**  
**Octubre, 2022**



## Hoja de aprobación del Comité Evaluador

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente como requisito parcial para optar al título profesional de:

### Ingeniería en Recursos Naturales con Mención en Gestión Ambiental

Miembros del Honorable Comité evaluador

---

Mp. Mario Gutiérrez  
Presidente

Ing. Mariann Espinoza  
Secretaria

---

MSc. Harvin Bonilla  
Vocal

Lugar y fecha: Sala de laboratorio LARENA, 19 de octubre del 2022

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo especialmente:

A Dios, por darme la oportunidad de disfrutar una vida llena de aprendizajes y tener la dicha de sumar experiencias.

A mi madre: **Sra. Alicia Talavera Gonzáles**, por ser mi guía terrenal. Quien me enseñó la definición de tres valores que debo llevar conmigo para tener una buena vida, “empatía, tolerancia y respeto”; el primero me evitará causar daño al prójimo y a mi persona, el segundo me impedirá discusiones, así como riñas; de modo que el tercero me mantendrá fiel a mis principios sin pasar por encima de los ajenos.

Esto es por ella y para ella.

**Br. Katerin Yulissa Herrera Talavera**

## DEDICATORIA

Dedico este trabajo especialmente:

A Dios, creador de los cielos, la tierra y todo lo que en ella existe.

A la mujer luchadora, admirable que siempre ha estado apoyándome y motivándome para ser mi mejor versión, mi primera maestra y amiga, mi madre **Sonia Rivas Nicaragua**. Al hombre de carácter fuerte y amoroso que ha luchado siempre para brindarnos una mejor calidad de vida, mi padre **Julio Moreno Orozco**.

A mis abuelos, **Bayardo Rivas Zapata** y **Elsa Nicaragua**, por estar siempre pendiente de mí, de mis estudios y de cualquier cosa que he llegado a necesitar hasta estos días. Para mí son personas valientes, luchadoras, admirables, ustedes siempre serán mi apoyo moral.

A mis hermanos, **Yesenia Moreno Rivas** y **Alejandro Rivas**, mis primeros amigos, quienes me han acompañado y han estado pendiente de mi a lo largo de este proceso de formación.

**Br. Dayana Karina Moreno Rivas**

## AGRADECIMIENTOS

Gracias a la **Universidad Nacional Agraria**, que, con su calidad de docentes, nos regalaron conocimientos, competencias, habilidades y pensamiento crítico necesario para convertirnos en mejores seres humanos y excelentes profesionales en el campo de la ingeniería en recursos naturales.

A nuestras asesoras, **MSc. Ingeborg María Beck** y **MSc. Raquel Izabá Ruíz**, por el tiempo que dedicaron a esta investigación.

Gracias a **ONG Borda- Nicaragua**, no sólo por el financiamiento para hacer posible esta investigación, sino por su participación y disponibilidad en el trabajo de campo.

Un agradecimiento especial a nuestro maestro y amigo **MSc. Ernesto Ramón Tünnermann Gutiérrez (Q.E.P.D)**, por sus enseñanzas, sabiduría, motivación y consejos constantes; que nos han permitido ser personas de bien. Un abrazo hasta el cielo.

A nuestras amigas y colegas: **Alisson Urbina Pineda** y **Cledys Zelaya Lanzas**, con quienes empezamos desde el 2017 a sumar experiencias y recuerdos, gracias por hacer más ameno el camino en esta etapa de nuestras vidas.

Y a aquellas personas que no han sido citadas en este capítulo, pero nos ayudaron sin limitaciones ni reservas, muchas gracias, pues ellos entienden que no se necesita dejar escrito su nombre para saber cuan agradecidas nos sentimos.

**Br. Katerin Herrera y Br. Dayana Moreno**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	viii
<b>RESUMEN</b>	ix
<b>ABSTRACT</b>	x
<b>ABREVIATURAS</b>	xi
<b>I INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos específicos	3
<b>III MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1. Base teórica	4
3.2. Estado de investigación	5
<b>IV MATERIALES Y MÉTODOS</b>	7
4.1. Área de estudio	7
4.2. Diseño metodológico	8
4.2.1. Selección de puntos de análisis	9
4.2.2. Recolección y análisis de suelo	10
4.2.3. Agrupación de usos de suelos	11
4.2.4. Pruebas de infiltración	13
4.2.5. Preparación de la información climática	13
4.2.6. Balance Hídrico de Suelos	15
<b>V RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	23
5.1. Precipitación	23
5.2. Balance Hídrico de Suelo	23
5.2.1. Velocidad de infiltración	24

	5.2.2. Precipitación que infiltra	26
	5.2.3. Humedad disponible	27
	5.2.4. Evapotranspiración real	29
	5.3. Recarga potencial mm/a	31
	5.4. Limitantes en el Balance Hídrico del Suelo	32
<b>VI</b>	<b>CONCLUSIONES</b>	35
<b>VI</b>	<b>RECOMENDACIONES</b>	36
<b>VII</b>	<b>LITERATURA CITADA</b>	37
<b>IX</b>	<b>ANEXOS</b>	41

---

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Ubicación de las estaciones meteorológicas	13
2.	Comportamiento espacial de la precipitación media anual en las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.	15
3.	Factor por pendiente ( $K_p$ )	18
4.	Factor por cobertura vegetal ( $K_v$ )	18
5.	Profundidad radicular de los diferentes usos de suelo	20
6.	Rangos mínimos y máximos de la velocidad de infiltración en mm/ h.	25
7.	Rangos mínimos y máximos de precipitación que infiltra en mm/ anuales.	27
8.	Rangos mínimos y máximos de humedad disponible en el suelo en mm/ anuales.	28
9.	Rangos mínimos y máximos de evapotranspiración real en el suelo en mm/ anuales.	30

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Representación gráfica del balance hídrico de suelos	4
2.	Ubicación de área de estudio	7
3.	Diseño metodológico para determinar la incidencia del uso de suelo en el BHS	9
4.	Usos de suelo de las microcuencas Yakalwás y Los Bravos	10
5.	Imágenes características de bosque	11
6.	Imágenes características de café con sombra	12
7.	Imágenes características de cultivos anuales	12
8.	Imágenes características de pastos	13
9.	Distribución de la precipitación media anual en las microcuencas Yakalwás y Los Bravos	14
10.	Diagrama de flujo del balance hídrico de suelos	16
11.	Precipitación mensual de las microcuencas Yakalwás y Los Bravos	23
12.	Velocidad de infiltración según usos de suelo	24
13.	Valores individuales de velocidad de infiltración en cada punto de análisis	25
14.	Precipitación que infiltra según uso de suelo	26
15.	Valores individuales de $P_i$ en cada punto de análisis	27
16.	Humedad disponible según uso de suelo	28
17.	Valores individuales de humedad disponible en cada punto de análisis	28
18.	Evapotranspiración real según uso de suelo	29
19.	Valores individuales de ETR por puntos analizados	30
20.	Recarga potencial según uso de suelo	31
21.	Valores individuales de recarga en cada punto de análisis	32
22.	Precipitación que infiltra con un aumento de precipitación de dos horas	33
23.	Recarga potencial con un aumento de precipitación de dos horas	33

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Datos climáticos	41
2.	Resultados de las propiedades físicas del suelo	49
3.	Hojas de cálculo del balance hídrico de suelo	50

## RESUMEN

Esta investigación se realizó en las microcuencas Yakalwás, ubicada en Wiwilí de Jinotega y Los Bravos, ubicada en Wiwilí de Nueva Segovia, con el objetivo de determinar la incidencia del uso de suelo en el Balance Hídrico de Suelo (BHS) propuesto por Schosinsky para brindar pautas de ordenamiento territorial. El proceso metodológico consistió en recopilar información climática de las estaciones meteorológicas y completar los datos faltantes desde la plataforma Climate Engine, levantamiento de muestras y análisis de las propiedades hidrofísicas de suelo, pruebas de velocidad de infiltración por el método de anillo sencillo, por último, calcular y analizar los resultados obtenidos de las variables: precipitación que infiltra, retención de humedad, evapotranspiración real y recarga potencial en los usos de suelos bosque, café con sombra, cultivo anual y pasto. Los resultados del BHS, muestran la influencia del uso suelo, destacándose los bosques que presentan los valores más altos tanto en la infiltración, evapotranspiración, retención de humedad y recarga potencial; mientras, el café con sombra que posee una estructura similar a la de los bosques no tiene el mismo efecto positivos y sus resultados se acercan más a los de los cultivos anuales, ya que ambos implican diversos manejos agronómicos de los suelos. Los pastos tienen la menor infiltración y recarga potencial, pero según el modelo retienen mayor humedad disponible que los cultivos anuales. La mayor limitante que presenta el modelo de BHS, son los coeficientes de infiltración ya que inciden directamente en la precipitación que infiltra ( $P_i$ ), misma variable que es utilizada para determinar la recarga potencial. Los resultados de este estudio pueden aportar a la elaboración de pautas de ordenamiento territorial, principalmente a la selección del mejor uso de suelos, que permita la mayor infiltración y recarga potencial de las pocas precipitaciones en el área de estudio.

Palabras claves: velocidad de infiltración, recarga potencial, retención de humedad, propiedades físicas del suelo.

## **ABSTRACT**

The research was carried out in the Yakalwás micro basin, located in Wiwili de Jinotega and Los Bravos, located in Wiwili de Nueva Segovia, with the objective of determining the incidence of land use in the Soil Water Balance (BHS) proposed by Schosinsky to provide land use guidelines. The methodological process consisted of collecting climatic information of the meteorological stations and completing the missing data of the meteorological stations of the Climate Engine platform, sampling and analysis of the hydro physical properties of the soil, infiltration speed tests by the simple ring method, Finally, calculate and analyze the results obtained of the variables: infiltrating precipitation, moisture retention, actual evapotranspiration and potential recharge in the forest, shaded coffee, annual crop and pasture land uses. The results of the BHS show the influence of land use, highlighting that forests have higher values in infiltration, evapotranspiration, moisture retention and potential recharge; meanwhile, coffee with shade grown, which has a structure like that of forests, does not have the same positive effect and its results are closer to those of annual crops, since both involve different agronomic management of the soil. Grasses have the lowest potential infiltration and recharge, but according to the model retain more available moisture than annual crops. The greatest limitation of the BHS model is the infiltration coefficients, since they directly affect the precipitation that infiltrates ( $P_i$ ), the same variable that is used to determine the potential recharge. The results of this study can be contributed to the elaboration of guidelines for territorial planning, mainly to the selection of the best use of soils, which allows the greatest infiltration and potential recharge of the little rainfall in the study area.

Keywords: infiltration rate, potential recharge, moisture retention, soil physical properties.

## ABREVIATURAS

**BORDA:** Desarrollo e Investigación en Ultramar de Bremen

**USDA:** Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

**INETER:** Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales

**BHS:** Balance hídrico de suelos

**Fc:** Capacidad de infiltración

**Ci:** Coeficiente de infiltración

**Ret:** Retención de lluvia por follaje

**Cfo:** Coeficiente de retención pluvial en follajes

**P:** Precipitación media mensual

**Pi:** Precipitación que infiltra

**ESC:** Escorrentía superficial

**CC:** Capacidad de campo

**PMP:** Punto de marchitez permanente

**PR:** Profundidad de raíces

**Da:** Densidad aparente

**Kp:** Factor por pendiente

**Kv:** Factor por vegetación

**Kfc:** Factor estimado con base a la prueba de infiltración

**ETP:** Evapotranspiración potencial

**ETR:** Evapotranspiración real

**C1:** Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR

**C2:** Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR

**Hsi:** Humedad de suelo inicial

**HD:** Humedad disponible

**HSf:** Humedad de suelo final

**Rp:** Recarga potencial

## I. INTRODUCCIÓN

El cambio climático en Nicaragua presenta una serie de amenazas para la población. En los últimos años se ha experimentado un incremento en las variaciones climáticas; provocando aumento en las temperaturas, disminución e inestabilidad de las precipitaciones en el territorio. Como consecuencia se ha evidenciado en los impactos de recientes eventos climáticos como huracanes y sequías persistentes (CEPAL, 2014), que limitan el abastecimiento de agua, producción agropecuaria y desarrollo de la vegetación. Debido a prácticas tradicionales insostenibles y cambios en el uso de suelo en áreas no aptas para la producción agropecuaria; se ve desfavorecido el recurso hídrico, incidiendo en la infiltración del agua, que posteriormente afectará la retención de humedad en el suelo y la recarga potencial.

En el marco del Proyecto NAKOPA AMN NIC 6-18 “Manejo Integral de Agua y Saneamiento Básico con Enfoque en la Protección de las Sub-Cuencas en Wiwilí”, la Asociación de Trabajo para el Desarrollo e Investigación en Ultramar de Bremen (BORDA), instaló en el transcurso del año 2020 - 2021 dos sistemas de abastecimiento de agua potable ubicados en la microcuenca Los Bravos, Wiwilí de Nueva Segovia y en la microcuenca Yakalwás, Wiwilí de Jinotega.

En el campo de investigación de la Universidad Nacional Agraria (UNA) se han desarrollado estudios con metodologías que facilitan el cálculo de la recarga potencial como lo son: Balance Hídrico de Thornthwaite, determinación la Recarga de Agua Subterráneas (RAS) e identificación de Zonas Potenciales de Recarga Hídrica propuesto por Matus. Ante el interés científico y académico de la universidad de ampliar sus metodologías se agrega con esta investigación una experiencia con el método de Balance Hídrico de suelos (BHS) propuesto por Schosinsky.

Siguiendo la línea de investigación de la Universidad Nacional Agraria “Planificación y gestión del territorio”, dentro de la sublínea “potencial y calidad del recurso hídrico”, se elaboró la presente investigación que analiza la incidencia de cuatro usos de suelo en el Balance Hídrico de Suelo (BHS) propuesto por Schosinsky, en las microcuencas antes mencionadas. Los resultados servirán de insumo para la organización no gubernamental BORDA-Nicaragua y gobiernos municipales en la elaboración de planes de ordenamiento territorial, que permitirá la

protección y sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento instalados que dependen de la infiltración y recarga potencial de las pocas precipitaciones del área de estudio.

Por lo antes mencionado surge la siguiente pregunta de la investigación, si el uso de suelo incide en la infiltración, evapotranspiración, retención de humedad y recarga potencial; que limitaciones del modelo se puede visualizar en la aplicación.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Analizar la incidencia del uso de suelo en el Balance Hídrico de Suelo propuesto por Schosinsky para brindar pautas de ordenamiento territorial.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Comparar la velocidad de infiltración y la precipitación que infiltra en diferentes usos de suelo.
2. Considerar el efecto de los diferentes usos de suelo en la humedad disponible y evapotranspiración.
3. Contrastar la recarga potencial en los diferentes usos de suelo.
4. Señalar las limitantes del BHS según Schosinsky comprobando el efecto de una duración de la lluvia mayor de dos horas.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1. Base teórica

El Balance Hídrico de Suelo (BHS), se basa en el principio de la conservación de la materia; es decir, el agua que entra al suelo es proporcionalmente igual a la que sale de él y tiene como objetivo estimar la recarga potencial en la zona saturada. En la figura 1 se explica el proceso. Para esto se considera la distribución de la precipitación, tomando en cuenta en primer lugar, la fracción de lluvia interceptada por el follaje y, en segundo lugar, se requiere conocer la infiltración del agua de lluvia en el suelo. En este punto del proceso se puede estimar la escorrentía que es igual a la precipitación menos la lluvia interceptada por el follaje, menos la infiltración (Schosinsky, 2006).

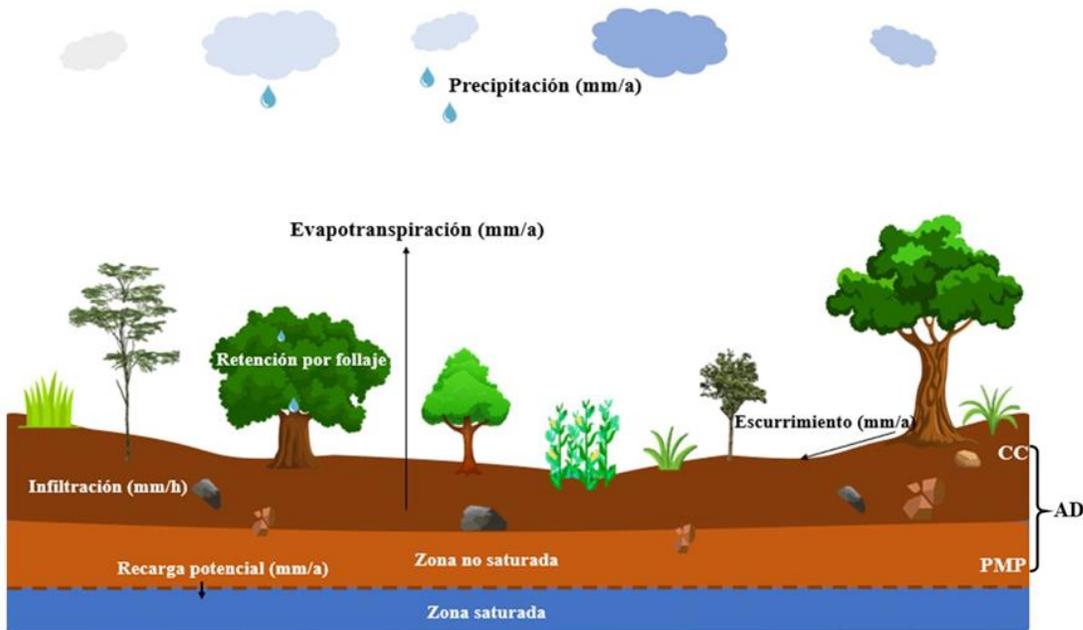


Figura 1. Representación gráfica del balance hídrico de suelos.

Una vez que el agua infiltra el suelo, se puede realizar un balance hídrico, contemplando la profundidad radicular de la vegetación, la capacidad de campo (CC) y el punto de marchitez permanente (PMP). El rango entre CC y PMP revela el agua disponible para la vegetación en la zona no saturada. Schosinsky (2006), expresa que, la cantidad máxima de humedad que puede tener un suelo que no se encuentra saturado, será igual a la capacidad de campo y la mínima

humedad que tiene el suelo corresponderá al punto de marchitez permanente, ya que con humedades de suelo menores la vegetación muere.

A partir del agua disponible para la vegetación, surge el proceso de evapotranspiración. La evapotranspiración se define como la transpiración de la planta, cuando el suelo se encuentra a capacidad de campo, más la evaporación del suelo (Schosinsky, 2006). Después del proceso de evapotranspiración la precipitación infiltrada sobrante aporta a la recarga potencial (Rp) es decir descendiendo hacia la zona saturada. Es importante mencionar que, la zona saturada no necesariamente está conformada por un acuífero, en muchos casos la recarga potencial aporta al flujo subsuperficial.

### **3.2. Estado de investigación**

A continuación, se presentan los estudios más relevantes respecto a la incidencia del uso de suelo en los procesos del Balance Hídrico de Suelo, iniciando con los resultados sobre infiltración y posteriormente sobre la recarga potencial en diferentes usos del suelo.

Gómez *et al.*, (2014), afirman que en tierras forestales la infiltración es rápida, en tierras agrícola moderadamente rápida y en tierras de pastoreo moderada. En esa misma línea Llanes y Rizo (2019), evaluaron los efectos de cuatro sistemas de uso del suelo en la infiltración, siendo los sistemas de bosque secundario los que presentan mayor infiltración, seguido por los sistemas agroforestales, sistemas tradicionales y por último los sistemas de agricultura con prácticas de suelo y agua que presentaron menor infiltración. Así mismo, Sandoval *et al.*, (2021) evaluaron las propiedades físicas e hidrológicas en un Luvisol, afirmando que la plantación forestal tiene los valores más altos de infiltración y los usos agrícola, pastizal y agropecuario evidencian más impactos negativos en la infiltración.

Por otro lado, Delgado *et al.*, (2017), realizaron ensayos de infiltración en cultivos agrícola con prácticas conservacionistas, cobertura forestal y en tres tipos de pastizales (con buena cobertura, degradados en lomadas y degradados en sierras); concluyendo que en áreas de pastizales con buena cobertura vegetal la infiltración es más rápida que en cultivos agrícolas y cobertura forestal, pero agrega que en áreas con pastizales degradados el agua tardará mucho más tiempo

en infiltrarse. También los resultados presentados por Soza *et al.*, (2018), quienes analizaron el comportamiento de infiltración en pastizales naturales utilizando como tratamiento tres tipos de cobertura de suelo (cobertura total, media cobertura y sin cobertura), afirman que la velocidad de infiltración aumenta con el incremento de la cobertura del suelo con pasto.

Entre los estudios sobre incidencias en la recarga potencial, Peraza (2009), Ramírez (2013) y Morales (2021); destacan que las zonas con mayor recarga potencial están dominadas por bosques, interpretando que la baja intervención de actividades antropogénicas y la composición de la cobertura vegetal inciden en los procesos. Por el contrario, Blanco (2009) identificó que las zonas con mayor potencial de recarga hídrica son las áreas donde se encuentran establecidos cultivos de caña, zacate al 75% y pastizales, mientras tanto los valores de recarga más bajos se dieron en áreas donde el uso de suelo era bosque; el autor atribuye los resultados a las propiedades físicas del suelo.

En los resultados de las investigaciones que se consideraron en este estudio se observó que los autores difieren entre ellos y por lo antes mencionado; surge la siguiente pregunta, ¿El uso de suelo determinará el comportamiento de la infiltración, retención de humedad y recarga potencial?

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Área de estudio

El estudio se desarrolló en dos microcuencas que pertenecen a la subcuenca Río Coco. La microcuenca Yakalwás tiene una extensión de 51.78 km<sup>2</sup>, localizada en la reserva natural cerro Kilambé, corresponde administrativa y geográficamente al municipio de Wiwilí, Jinotega. Por otro lado, la microcuenca Los Bravos posee una extensión de 8.69 km<sup>2</sup>, y se ubica en el municipio de Wiwilí departamento de Nueva Segovia.

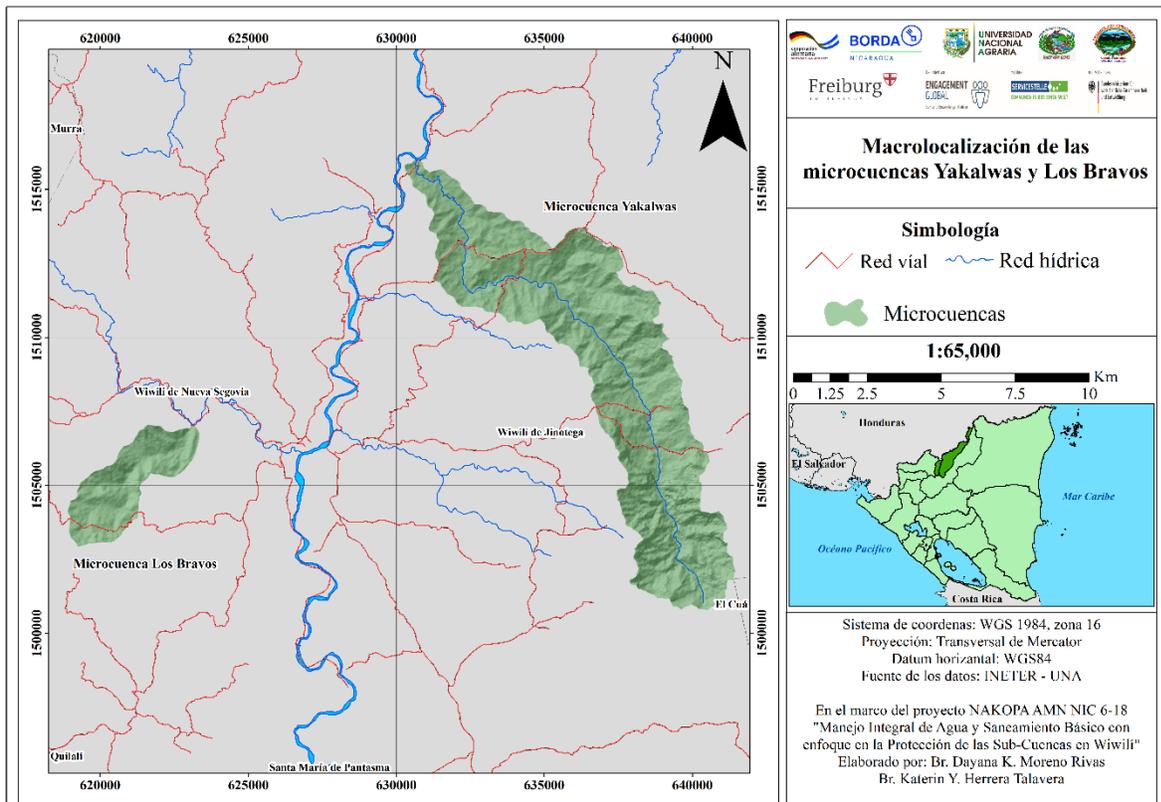


Figura 2. Ubicación del área de estudio.

Según los registros históricos del Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2005), las precipitaciones promedio anuales en ambas microcuencas oscila entre los 1000-1800 mm, con un periodo canicular que comprende los meses de julio a agosto y temperaturas promedio anuales de 24 – 26 °C. Así mismo, los ríos y quebradas presentan caudal durante todo el año, sin embargo, en la época seca el caudal de los diferentes cuerpos de agua se reduce.

En las microcuencas predominan suelos de vocación forestal, que se caracterizan por sus relieves ondulados y cerros que comprenden alturas de 300 a 1200 msnm, pendientes pronunciadas que van del 20 al 45% aproximadamente, en donde se desarrollan prácticas agrícolas y pecuarias de subsistencia. Ambas microcuencas conservan pequeños parches de cobertura forestal (BORDA, 2020 y Castro, 2018).

Según las zonas de vidas de Holdridge la microcuenca Yakalwás se extiende sobre cuatro zonas ecológicas: bosque tropical húmedo, bosque subtropical húmedo, bosque subtropical muy húmedo, bosque montano bajo subtropical. Mientras tanto, la microcuenca Los Bravos se localiza en dos zonas: bosque subtropical húmedo y bosque tropical húmedo.

Geológicamente se encuentran rocas volcánicas y sedimentarias: tobas riolíticas-dacíticas, lavas andesíticas-basálticas, ignimbritas y areniscas, que por medio de sus fracturas transportan el agua hasta al acuífero, y las también presentes rocas metamórficas y sedimentarias: esquistos, cuarcitas, mármoles, metavolcánicas, areniscas y lutitas (Fenzl, 1989), reducen las posibilidades de recarga puesto que, están actuando como agente cementante e impermeable, siendo una de las causas por las cuales el agua no logra infiltrarse hasta llegar al acuífero y se mueva por escurrimiento subsuperficial hasta encontrar su salida (González y López, 2018).

#### **4.2 Diseño metodológico**

Para estimar el balance hídrico de suelo propuesto por Gunter Schosinsky (2006), se requiere de las siguientes actividades (Figura 3):

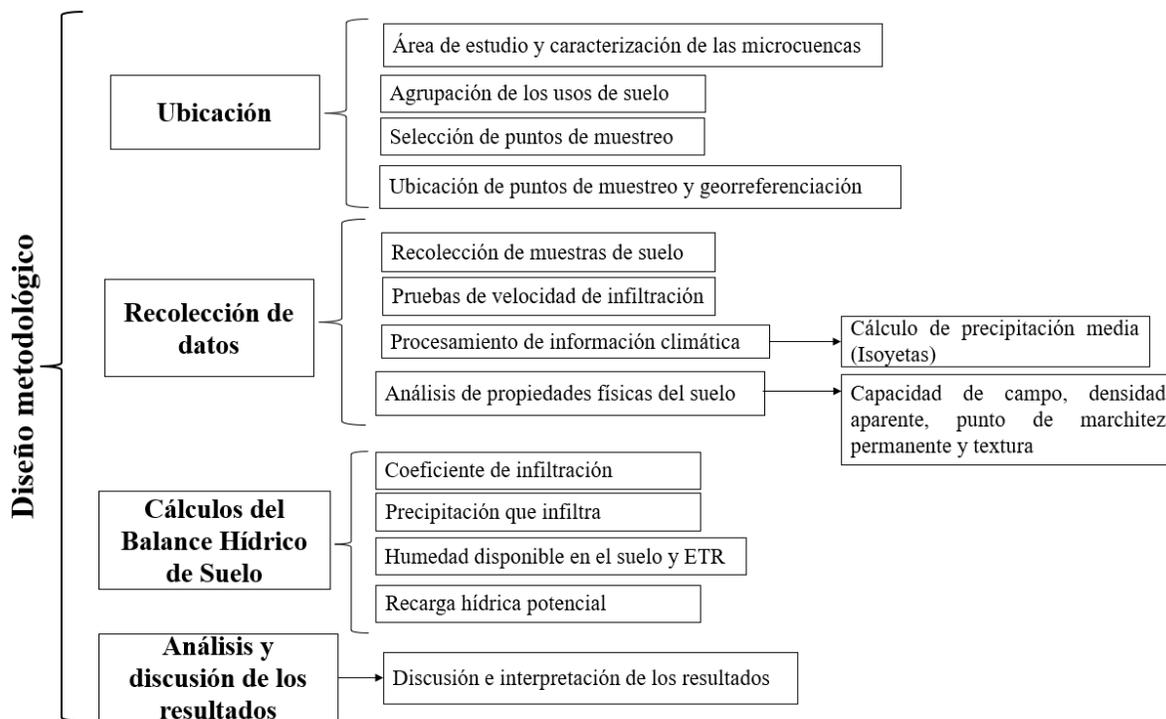


Figura 3. Diseño metodológico para determinar la incidencia del uso de suelo en el BHS.

#### 4.2.1 Selección de puntos de análisis

Debido a la limitada disponibilidad de recursos, se consideró para el desarrollo de esta investigación una muestra total de 30 puntos. La distribución de estos 30 puntos de muestreo corresponde al área de las dos microcuencas, definiendo 20 puntos en la microcuenca Yakalwás y 10 en la microcuenca Los Bravos. La colocación preliminar de los puntos se realizó de acuerdo con el mapa nacional de uso de suelo de INETER, (2015); donde se obtuvo el primer acercamiento de los usos de suelo predominantes en ambas microcuencas.

En campo se verificó el uso actual del suelo y con la georreferenciación se confirmó su ubicación, resultando que alguno de los puntos se encontraba fuera de los límites de las microcuencas. Sin embargo, estos puntos se consideraron en el estudio por su cercanía, fácil acceso y la correspondencia de los usos de suelo seleccionados.

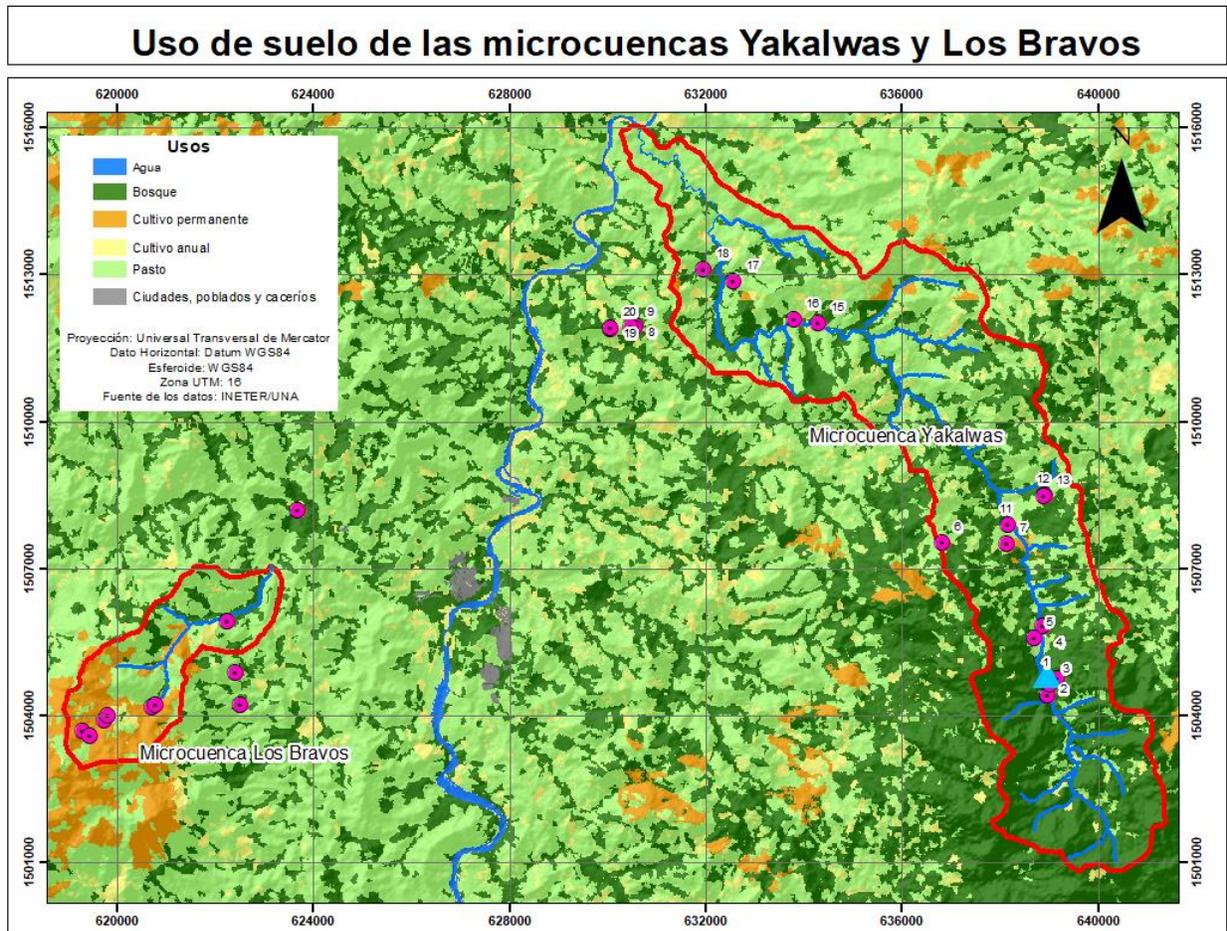


Figura 4. Usos de suelo de las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.

#### 4.2.2 Recolección y análisis de suelo

En los puntos seleccionados se recolectaron muestras de suelo, utilizando barrenadas a una profundidad de 30 cm, según el procedimiento establecido por el laboratorio de suelo y agua (LABSA) de la universidad. Las muestras de suelo fueron depositadas en bolsas ziploc, selladas y etiquetadas con el código de muestra, coordenadas UTM, uso actual y sitio de recolección, se analizaron las propiedades hidrofísicas: textura, capacidad de campo y punto de marchitez permanente. Para la densidad aparente se tomó la muestra utilizando un cilindro de aluminio de dimensiones de 5x5 cm. Los parámetros se determinaron por medio de las metodologías estándares establecidas en el LABSA.

### 4.2.3 Agrupación de usos de suelos

Para este estudio se realizaron agrupaciones de uso de suelos con características similares: nueve puntos de bosque, seis puntos de café con sombra, cinco puntos de cultivo anual y 10 puntos de pastos. A continuación, se presentan imágenes representativas de los usos de suelos analizados:

En las áreas de bosque se identificaron diferentes tipos con características similares en los que se incluyen a esta categoría: bosque latifoliado ralo y densos, bosque secundario y bosque de galería.



Figura 5. Imágenes características de bosque.

Se considera café con sombra aquel uso en el que los cafetos se cultivan a la sombra de árboles de mayor copa, haciendo así que la planta y fruto del café se proteja de los rayos ultravioletas del sol. En campo se identificaron café bajo la sombra de árboles maderable, no maderables y musáceas.



Figura 6. Imágenes características de café con sombra.

Los cultivos anuales son aquellos con periodos cortos de cosecha (90 días), en estas áreas cultivables se establece la agricultura familiar de subsistencia. Se seleccionaron cinco puntos de muestreo y se identificaron que los cultivos anuales que se establecen con mayor frecuencia en el área de estudio son maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolus vulgaris*).



Figura 7. Imágenes características de cultivos anuales.

El pasto es la cobertura vegetal destinada a la alimentación de los animales (ganado), se identificaron un total de diez puntos de muestreos con presencia de pastos, clasificados en pastos naturales, mejorados y con árboles dispersos.



Figura 8. Imágenes características de pastos.

#### 4.2.4 Pruebas de infiltración

La velocidad de infiltración se realizó en todos los puntos a través del método de los cilindros sencillos propuestos por el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos por sus siglas en inglés USDA (1999).

#### 4.2.5 Preparación de la información climática

Por no existir estaciones meteorológicas dentro de las microcuencas, se utilizaron datos de registros históricos de un período de 30 años de las estaciones de INETER (Cuadro 1), ubicadas cerca del área de estudio. Los datos de precipitaciones se obtuvieron de las estaciones Murra, Quilalí, Santa Rosa de Ventía, San José de Bocay, Wamblán y El Cúa; y los datos de temperaturas de la estación de Jinotega.

Cuadro 1. Ubicación de las estaciones meteorológicas.

Código	Nombre	X	Y
45009	Murra	605947	1520940
45004	Quilalí	605133	1500100
45043	Santa Rosa de Ventía	619388	1497030
45081	San José de Bocay	659905	1499272
45085	Wamblán	641713	1527682
45041	El Cúa	643841	1478159
55020	Jinotega	608770	1446751

Los datos de precipitación faltantes se completaron con datos correspondientes de la plataforma Climate Engine (Anexo 1). A partir de esta información, se creó el mapa de distribución espacial de las precipitaciones utilizando el método de las isoyetas; donde se determinó la precipitación media anual para cada microcuenca (Cuadro 2), aplicando la siguiente ecuación:

$$P = \frac{\sum_{j=1}^m [(P_j + P_{j+1}) / 2] \cdot A_j}{\sum_{j=1}^m A_j}$$

Donde

$P$ : precipitación anual

$P_j$ : valor de la precipitación de isoyeta  $j$ .

$A_j$ : área incluida entre dos isoyetas consecutivas ( $j$  y  $j + 1$ ).

$M$ : número total de isoyetas

El mapa de las isoyetas se trazó empleando la herramienta de interpolación de Kriging en el software ArcGIS; así se obtuvo el área entre isoyetas expresadas en la Figura 9 y Cuadro 2.

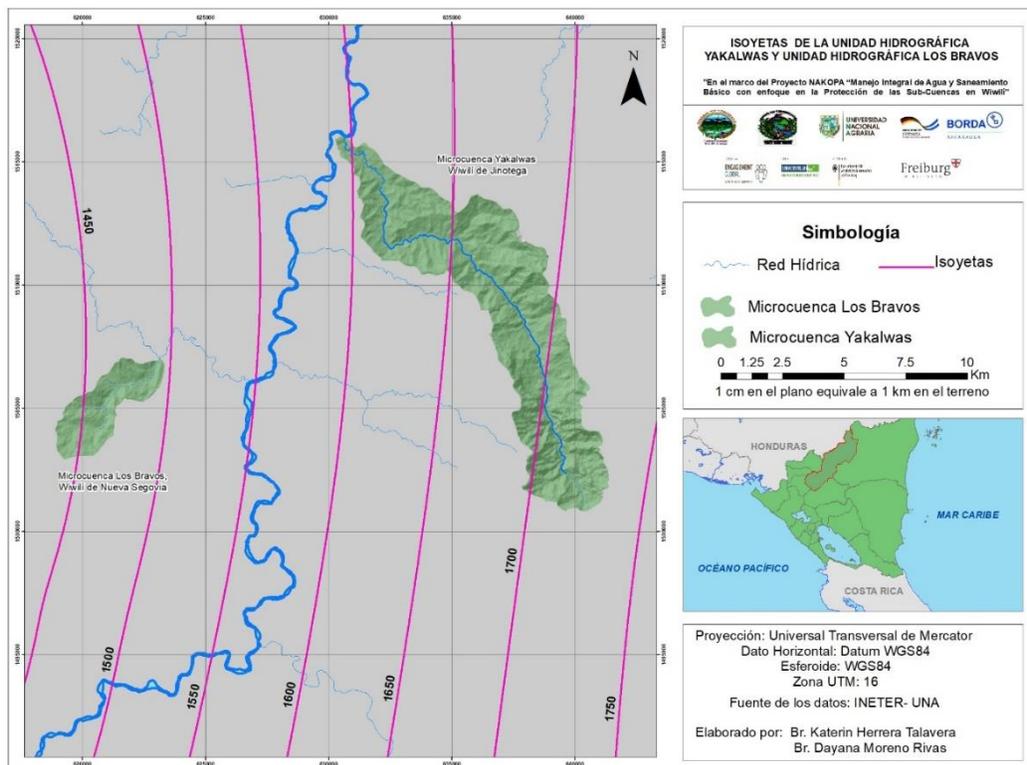


Figura 9. Distribución de la precipitación media anual en las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.

Cuadro 2. Comportamiento espacial de la precipitación media anual en las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.

Microcuenca Yakalwás					Microcuenca Los Bravos				
Id	(Aj_km <sup>2</sup> )	(Pj_mm)	(P_mm)	%	Id	(Aj_km <sup>2</sup> )	(Pj_mm)	(P_mm)	%
A1	14.47	1725	483.00	28.84	A1	2.07	1425	338.27	23
A2	23.06	1675	747.09	44.61	A2	6.65	1475	1124	77
A3	13.65	1625	429.05	25.62					
A4	0.514	1575	15.66	0.94					
Suma	51.69		1674.80	100	Suma	8,72		1,463.13	100

\*\* Id: código de identificación, Aj: área entre isoyetas, Pj: valor de la precipitación de la isoyeta, P: precipitación anual.

#### 4.2.6 Balance Hídrico de Suelos

Las entradas y las interrelaciones de los cálculos, así como los resultados del modelo BHS se visualizan en un diagrama de flujo en la figura 10.

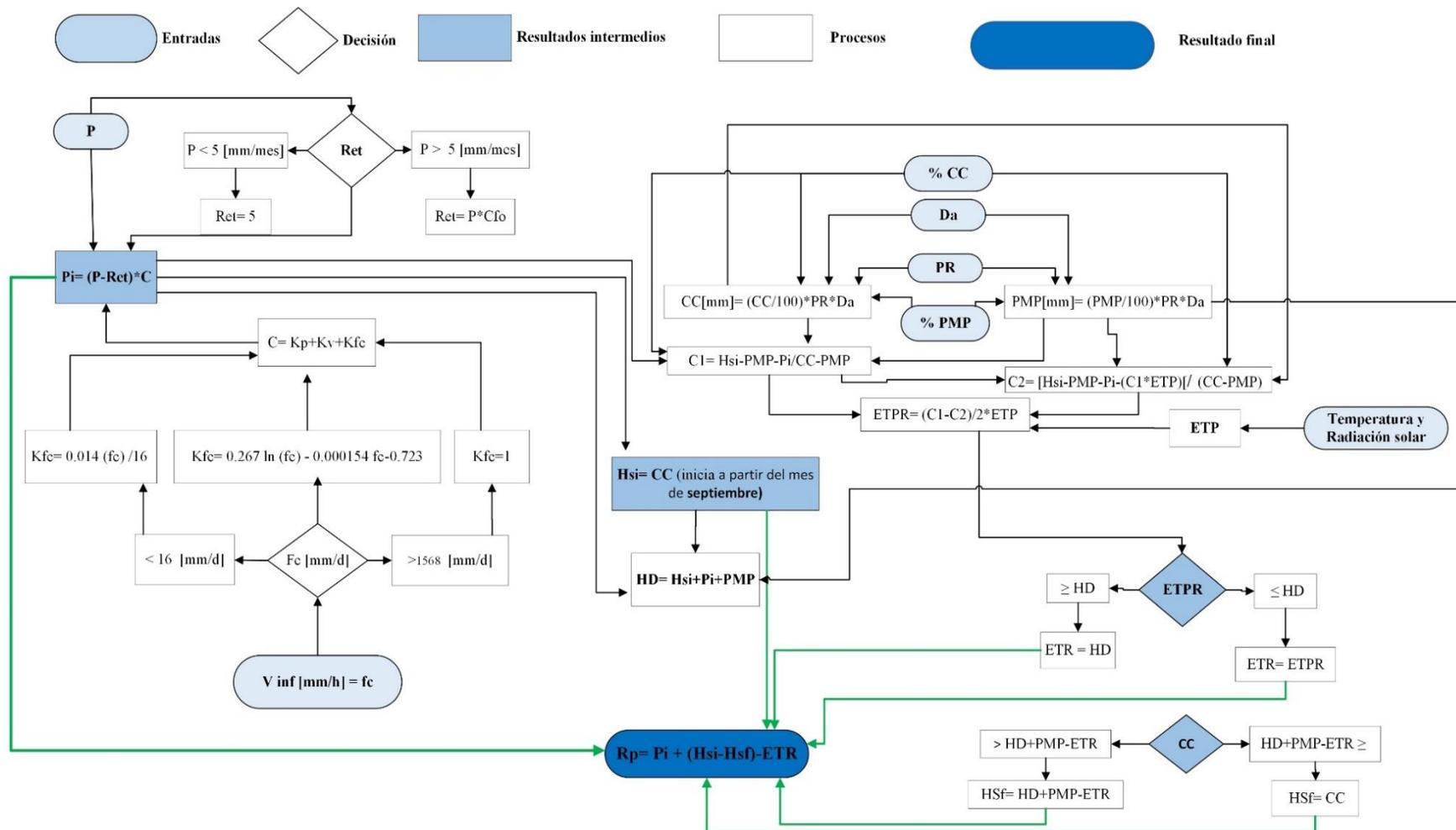


Figura 10. Diagrama de flujo del balance hídrico de suelos. (Fuente: Elaboración propia)

### **Retención de lluvia por follaje (Ret)**

Para calcular la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje (Ret), se considera 20% de retención para bosques y para otros cultivos 12%, aplicando los siguientes criterios:

- Si  $P$  es menor o igual a 5 mm/mes,  $Ret = P$ .
- Si el producto  $(P) \cdot (Cfo)$  es mayor o igual de 5 mm/mes,  $Ret = (P)(Cfo)$ .
- Si  $P$  es mayor de 5 mm/mes y el producto  $(P) \cdot (Cfo)$  menor de 5,  $Ret = 5$ .

Donde

$P$ : precipitación mensual del mes [mm/mes].

$Ret$ : retención de lluvia en el follaje [mm/mes].

$Cfo$ : coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos  $Cfo = 0.20$  y otros usos  $Cfo = 0.12$  [adimensional]

### **Coeficiente de infiltración (C)**

El coeficiente de infiltración se calculó basado en la siguiente ecuación:

$$C = (Kp + Kv + Kfc)$$

Donde

$C$ : coeficiente de infiltración

$Kp$ : fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional) (ver cuadro 3)

$Kv$ : fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional) (ver cuadro 4)

$Kfc$ : coeficiente de infiltración en base a la textura del suelo

### ***Fracción que infiltra por efecto de pendiente (Kp)***

A partir del Modelo de Elevación Digital (DEM), se elaboró un mapa de pendientes en porcentajes, permitiendo agrupar áreas con pendientes similares y reclasificar los rangos en donde se asignaron coeficientes de pendiente propuestos por Schosinsky y Losilla (2000).

Cuadro 3. Factor por pendiente (Kp)

Por pendiente	Pendiente	Kp
Muy plana	0.02 -0.06 %	0.30
Plana	0.3- 0.4 %	0.20
Algo Plana	1-2%	0.15
Promedio	3-7%	0.10
Fuerte	Mayor de 7%	0.06

Fuente: Schosinsky y Losilla (2000).

**Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (Kv)**

Para determinar el coeficiente de infiltración, se utilizaron los factores de cobertura vegetal (Kv) correspondiente al uso.

Cuadro 4. Factor por cobertura vegetal (Kv).

Por cobertura	Kv
Cobertura con zacate menos 50 %	0.09
Terrenos cultivados	0.10
Cobertura con pastizal	0.18
Café con sombra	0.19
Bosques	0.20
Cobertura con zacate más de 75%	0.21

Fuente: Schosinsky y Losilla (2000).

**Fracción que infiltra por textura del suelo (Kfc)**

Para determinar la fracción que infiltra por textura del suelo (Kfc), se utilizó la siguiente ecuación:

$$Kfc = 0.267 \ln (fc) - 0.000154fc - 0.7231$$

En donde fc son los valores de velocidad de infiltración en mm/ día, obtenida a través de prueba de campo por el método del anillo simples.

Para valores de fc menores a 16 mm/día,  $Kfc = 0.0148fc / 16.19$

Para valores de fc mayor a 1568 mm/día,  $Kfc = 1$

La velocidad de infiltración en el modelo es calculada en mm/día, en este estudio se basa en una hora por día.

### **Precipitación mensual que infiltra ( $P_i$ )**

Para calcular la precipitación que se infiltra se utilizó la siguiente ecuación:

$$P_i = C * (P - Ret)$$

Donde

$P_i$ : precipitación que infiltra mensualmente al suelo en [mm/mes]

$C$ : coeficiente de infiltración [adimensional].

Considerando el siguiente criterio: en ningún caso el coeficiente de infiltración ( $C$ ) ha de ser mayor de 1, si es así, se le asignara el valor de 1.

### **Escorrentía ( $E_{sc}$ )**

Para calcular la escorrentía mensual ( $E_{sc}$ ), se utiliza la siguiente ecuación:

$$E_{sc} = P - Ret - P_i$$

Donde

$E_{sc}$ : escorrentía superficial en mm/mes.

$P$ : precipitación en mm/mes (dato meteorológico).

$Ret$ : retención de lluvia mensual por follaje en *mm/mes* (ecuación 1).

$P_i$ : precipitación que infiltra mensualmente al suelo en *mm/mes*.

### **Cálculo de la evapotranspiración potencial (ETP)**

La evapotranspiración potencial se calculó a través de la fórmula propuesta por Hargreaves y Samani (1985), utilizando los datos de temperatura de la estación Jinotega del periodo de 1991-2020.

$$ET_0 = 0.0135 (T^{\circ} med + 17.78) R_s$$

Donde

$ET$ : evapotranspiración potencial diaria, en *mm/día*

$T^{\circ} med$ : temperatura media en °C

$R_s$ : radiación solar incidente, convertida en *mm/día*

### **Profundidad de raíces**

Se utilizaron profundidades de las raíces de acuerdo con la agrupación de usos de suelos, considerando las características similares con otros países del trópico, propuestos en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Profundidad radicular de los diferentes usos de suelo.

Uso	Profundidad (mm)
Bosque	1,500
Cultivo Permanente	1,000
Cultivo anual	450
Pasto	800

Fuente: Schosinsky y Losilla (2000), Sánchez y Álvarez (2003) y Arcila (2007).

### Capacidad de campo y punto de marchitez permanente en mm

Para el cálculo de capacidad de campo y punto de marchitez permanente, en lámina de agua se utilizan las siguientes ecuaciones:

$$CC \text{ en mm de agua} = \% CC \cdot Da \cdot \text{profundidad radicular (mm)}$$

$$PMP \text{ en mm de agua} = \% PMP \cdot Da \cdot \text{profundidad radicular (mm)}$$

### Humedad inicial (Hsi)

Para determinar la humedad inicial se debe seleccionar el mes que se iniciarán los cálculos, considerando que el suelo se encuentra a capacidad de campo, seleccionando meses consecutivos en donde la precipitación que infiltra supera la ETP. En este estudio se cumple la condición iniciando en el mes de septiembre.

$$Hsi = CC$$

### Humedad Disponible (HD)

La humedad disponible está dada por la siguiente ecuación:

$$HD = Hsi + Pi + PMP$$

Donde

*Hd*: humedad disponible [mm/mes].

*Hsi*: humedad de suelo inicial (al inicio del mes) [mm].

*Pi*: precipitación que infiltra [mm/mes].

*PMP*: punto de marchitez permanente[mm].

### Evapotranspiración potencial real (ETPR)

Para determinar la *ETPR* se asume en el método que, la evapotranspiración potencial real va a ser proporcional a la humedad del suelo, comparada con la diferencia de humedad entre la capacidad de campo y el punto de marchitez. Considerando un coeficiente de humedad *C1* antes

que ocurre la evapotranspiración y un  $C2$  después que ocurre la evapotranspiración (Schosinsky, 2006), y se determinó con la siguiente ecuación:

$$ETPR = \left( \frac{(C1 + C2)}{2} \right) * ETP$$

Donde

$ETPR$ : evapotranspiración real tentativa promedio, en una zona, ocurrida durante el mes [ $mm/mes$ ].

$C1$ : coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración.

$C2$ : coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con  $C1$ .

$ETP$ : evapotranspiración potencial [ $mm/mes$ ].

El coeficiente  $C1$  se determinó a partir de la siguiente ecuación:

$$C1 = (Hsi - PMP + Pi) / (CC - PMP)$$

Donde

$Hsi$ : humedad del suelo inicial (mm).

$PMP$ : punto de marchitez permanente (mm).

$Pi$ : precipitación que infiltra (mm).

$CC$ : capacidad de campo (mm).

El coeficiente  $C2$  se determinó con la siguiente ecuación:

$$C2 = [Hsi - PMP - (C1 * ETP)] / (CC - PMP)$$

Los coeficientes  $C1$  y  $C2$ , no pueden ser superiores a uno (1), ni menores a cero (0). En el caso que  $C1$  y  $C2$  son superiores a 1, se tomaron como 1 y si fueron negativos se tomaron como 0.

### **Evapotranspiración real (ETR)**

Para calcular la evapotranspiración real se aplicaron las siguientes condicionantes:

- Si  $((C1 + C2) / 2) \cdot ETP$  es menor o igual a  $HD$ ,  $ETR (mm/mes) = ((C1 + C2) / 2) ETP$
- Si  $((C1 + C2) / 2) \cdot ETP$  es mayor que  $HD$ ,  $ETR (mm/mes) = HD$

Donde

$ETR$ : evapotranspiración real promedio de la zona, ocurrida durante el mes [ $mm/mes$ ].

$C1$ : coeficiente de humedad máximo, sin considerar la evapotranspiración [*adimensional*].

$C2$ : coeficiente de humedad mínimo considerando evapotranspiración calculada con  $C1$ , [adimensional].

### **Humedad de suelo final ( $H_{sf}$ )**

El cálculo de la humedad del suelo final se determinó utilizando las siguientes condicionantes:

- Si  $(HD + PMP - ETR)$  es menor que  $CC$ ,  $H_{sf} = HD + PM - ETR$
- Si  $(HD + PMP - ETR)$  es mayor o igual que  $CC$ ,  $H_{sf} = CC$

Donde

$H_{sf}$ : humedad del suelo final (final de mes) [mm].

$HD$ : humedad disponible [mm/mes].

$PMP$ : punto de marchitez permanente [mm].

$ETR$ : evapotranspiración real [mm/mes].

$CC$ : capacidad de campo [mm].

Cabe señalar que, la humedad al inicio ( $H_{si}$ ) de cada mes, corresponderá a la humedad del suelo final ( $H_{sf}$ ) del mes anterior.

### **Recarga potencial ( $R_p$ )**

Para determinar la recarga potencial se utilizó la siguiente ecuación:

$$R_p = P_i + H_{si} - H_{sf} - ETR$$

Donde

$R_p$ : recarga potencial en  $mm$ .

$P_i$ : precipitación que infiltra en  $mm$ .

$H_{si}$ : humedad del suelo inicial en  $mm$ .

$H_{sf}$ : humedad del suelo final en  $mm$ .

$ETR$ : evapotranspiración potencial en  $mm$ .

Los datos de entradas mencionados en la Figura 10 y descritos anteriormente se introdujeron en la hoja de cálculo del Balance Hídrico de Suelos, para los 30 puntos seleccionados.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Precipitación

Se presenta en la figura 11, las precipitaciones mensuales en las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.

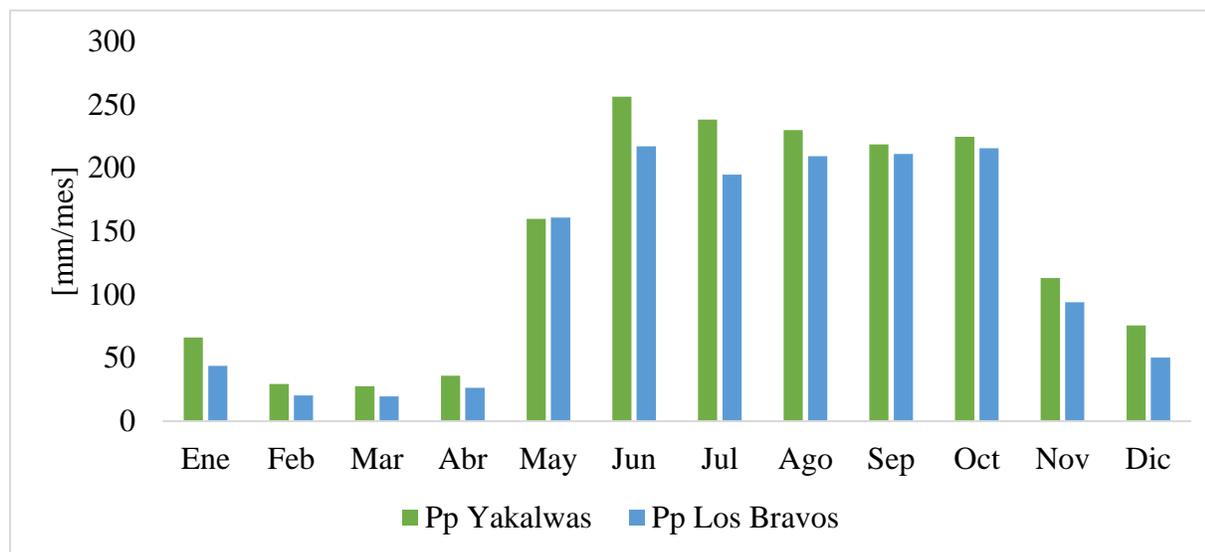


Figura 11. Precipitación mensual de las microcuencas Yakalwás y Los Bravos.

Los datos de precipitación de entrada al modelo corresponden a la precipitación mensual en cada punto de análisis según su ubicación en las microcuencas.

Ambas microcuencas presentan el mismo comportamiento entre meses secos y meses lluviosos, sin embargo, se observa que la precipitación media anual de la microcuenca Yakalwás es de 1,765 mm siendo mayor que en la microcuenca Los Bravos con 1,463 mm por año.

### 5.2 Balance hídrico del suelo

Los resultados se presentan como promedios de las cuatro categorías de uso de suelo: bosque, café con sombra, cultivo anual y pasto para las cinco variables analizadas a) velocidad de infiltración, b) precipitación que infiltra, c) humedad disponible, d) evapotranspiración y e) recarga potencial. En las subsiguientes figuras se detallan los valores individuales, para la visualización de los rangos obtenidos por cada categoría de uso.

Para su identificación los puntos se enumeraron y codificaron con la letra inicial de la microcuenca: Yakalwás (1-20Y) y Los Bravos (1-10B).

### 5.2.1 Velocidad de infiltración

En la figura 12, se presentan los valores promedios de velocidad de infiltración según usos de suelo.

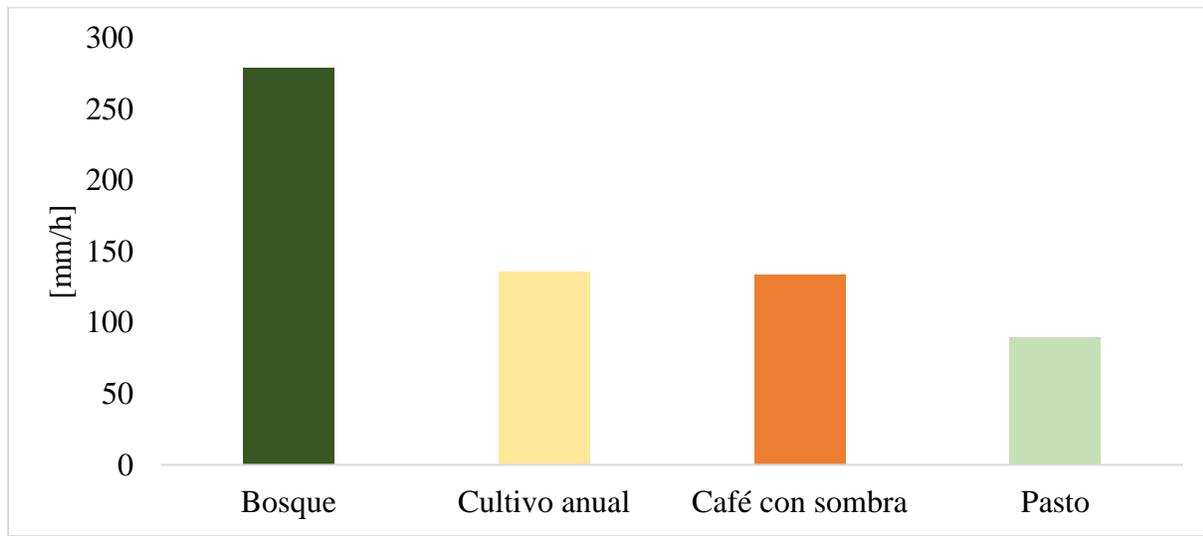


Figura 12. Velocidad de infiltración según usos de suelo.

Las áreas con bosque presentan las velocidades de infiltración más altas, en promedio 279 mm/h, en cambio, las áreas con pastos presentan los valores de infiltración más bajos en promedio infiltran 90 mm/h.

Si se compara el bosque con el pasto, se observa que la distribución radicular facilita la velocidad de infiltración, siendo hasta tres veces más que en el pasto probablemente por la compactación del suelo. Este efecto de la cobertura arbórea de contribuir a incrementar la infiltración en el suelo se plantea en los estudios de Sandoval, *et al.*, (2021); Jarquín y Valenzuela, (2020) y Ríos *et al.*, (2008). También Herrera (2016) afirma que la capacidad de infiltración depende de la densidad y cobertura de los árboles, lo que implica que la infiltración mejora donde hay una mayor cobertura arbórea. Características del área como la textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez determinan el comportamiento

para proveer nutrientes, retener y almacenar agua, lo que reduce los impactos de sellamientos y favorece a la infiltración (Suprayogo *et al.*, 2020 y Gómez *et al.*, 2014).

Por otro lado, López-Báez, *et al.*, (2018), señalan que, entre los cafés con sombra y cultivos anuales, la diferencia de velocidad de infiltración no es considerable, lo que reafirma las velocidades de infiltración promedios similares medidas en los cultivos anuales 136 mm/h y café con sombra 134 mm/h respectivamente en esta investigación.

En resumen, la infiltración se ve modificada por efecto de la cobertura de uso y su distribución radicular, en donde hay mayor cobertura de vegetación, la infiltración es superior (Aguirre, *et al.*, 2018; Soza, *et al.*, 2018; Arcos, 2010).

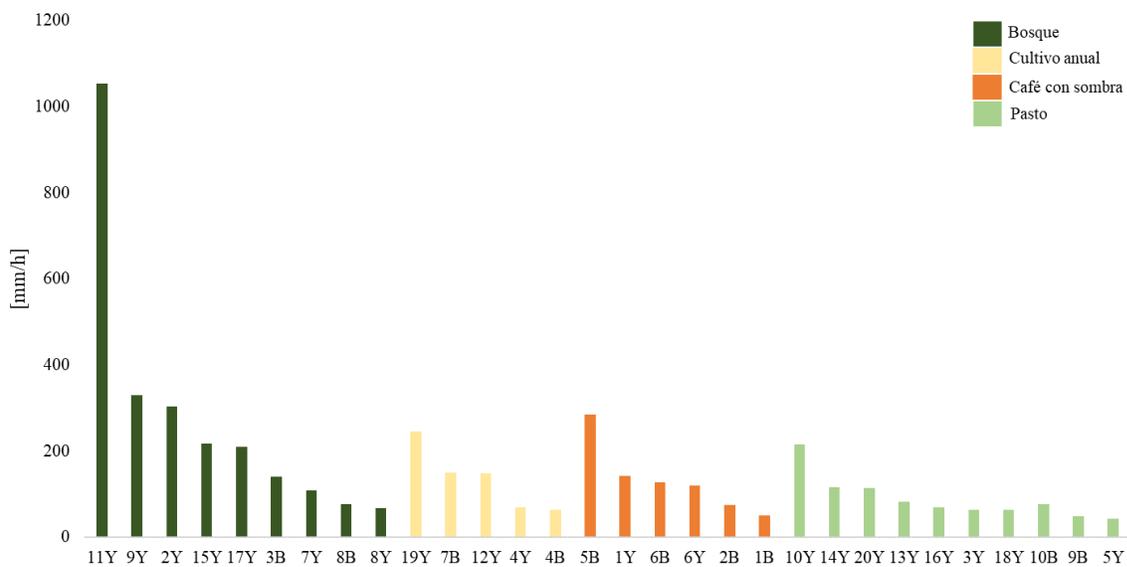


Figura 13. Valores individuales de velocidad de infiltración en cada punto de análisis.

Cuadro 6. Rangos mínimos y máximos de la velocidad de infiltración en mm/ h.

Uso	Velocidad de infiltración mm/h			
	bosque	cultivo anual	café con sombra	pasto
máximo	1,054	246	286	215
mínimo	68	64	52	44

Las áreas con bosque presentan velocidades de infiltración desde 1054 mm/h hasta los 68 mm/h. Sin embargo, las áreas con pastos presentan los valores de infiltración más bajo, su rango va desde los 215 mm/h hasta los 44 mm/h.

El valor alto que corresponde al punto 11Y de la microcuenca Yakalwás, que presenta una velocidad de infiltración de 1054 mm/h, este valor se atribuye a su textura franca y probablemente a los macroporos en el área de la prueba de infiltración.

### 5.2.2 Precipitación que infiltra (Pi)

La precipitación que infiltra para el BHS se expresa en acumulados de mm/anuales.

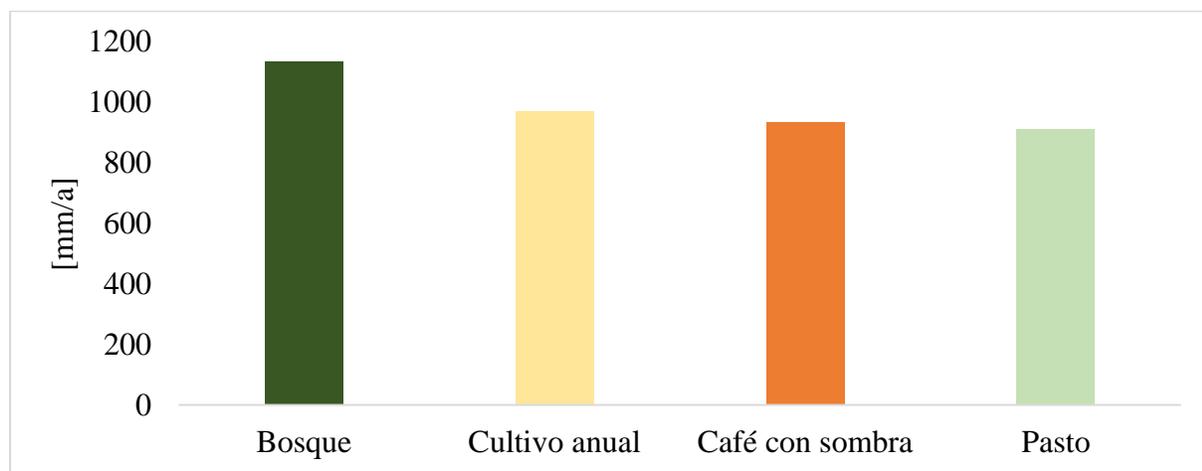


Figura 14. Precipitación que infiltra según uso de suelo.

En la figura 14 el bosque tiene la mayor Pi (1135 mm/a), en segundo lugar, se encuentra el cultivo anual (970 mm/a), seguido por el café con sombra (934 mm/a) y por último el pasto (913 mm/a). Se considera que el efecto del valor acumulado y las condicionantes del modelo como lo es coeficiente de infiltración reducen las diferencias entre los usos de suelo.

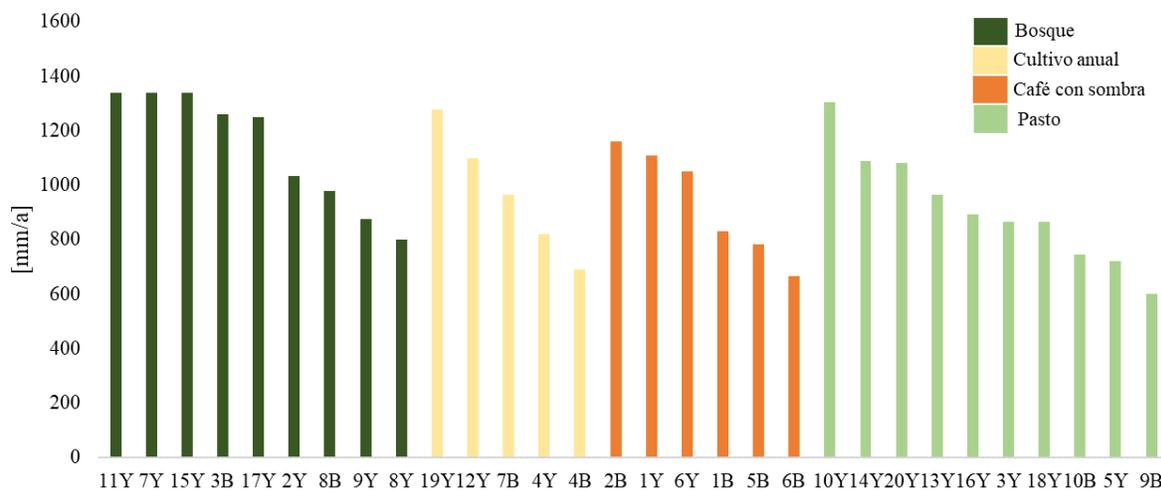


Figura 15. Valores individuales de Pi en cada punto de análisis.

Cuadro 7. Rangos mínimos y máximos de precipitación que infiltra en mm/ anuales.

Uso	Precipitación que infiltra mm/ a			
	bosque	cultivo anual	café con sombra	pasto
máximo	1,340	1,278	1,160	1,306
mínimo	800	691	668	602

El punto 11Y que sobresale en la velocidad de infiltración en la Pi se nivela con otros valores del bosque (Figura 15), también se puede notar que en pasto hay un valor alto que se acerca a los tres valores máximos de bosque.

### 5.2.3. Humedad disponible (HD)

El bosque presenta la mayor humedad disponible (230.75 mm/a), seguido por el pasto (175.67 mm/a) que en esta variable supera al café con sombra (169.29 mm/a) y los cultivos anuales (125.41 mm/a). (Figura 16)

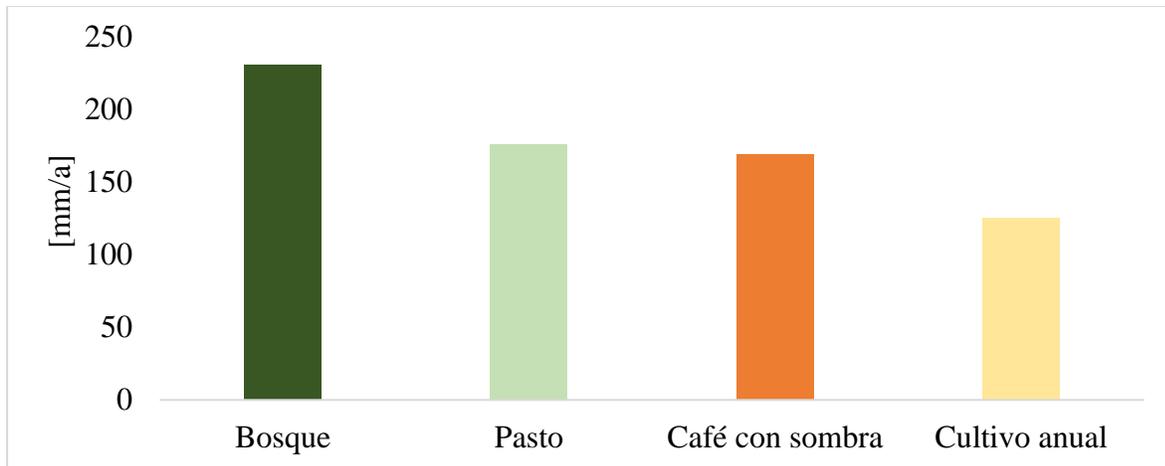


Figura 16. Humedad disponible según uso de suelo.

A continuación, se presentan los valores individuales de humedad disponible para cada uso de suelo. (Figura 17)

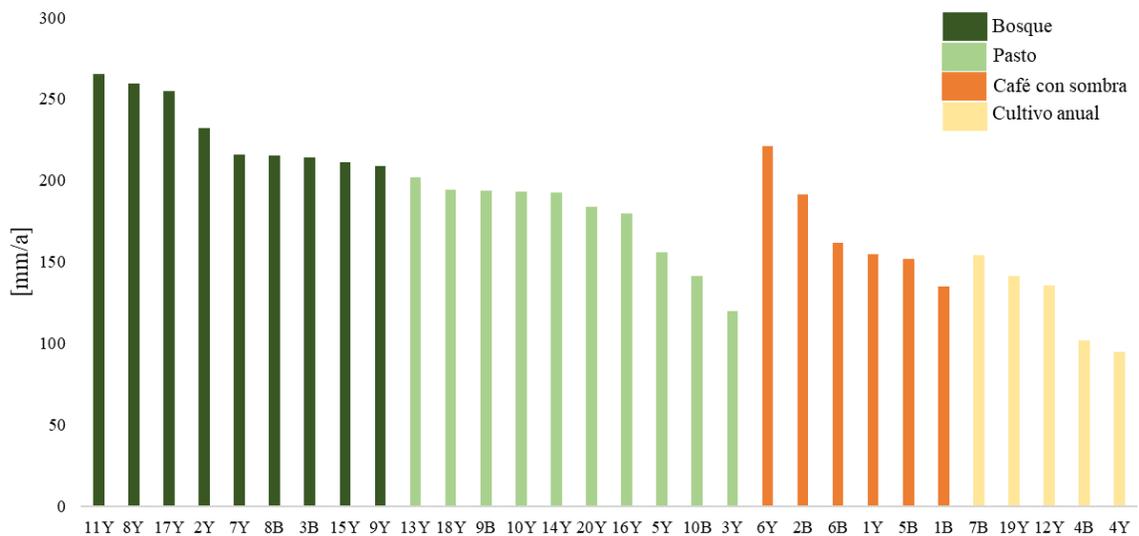


Figura 17. Valores individuales de humedad disponible por puntos analizados.

Cuadro 8. Rangos mínimos y máximos de humedad disponible en el suelo en mm/ anuales.

Uso	Humedad disponible mm/a			
	bosque	pasto	café con sombra	cultivo anual
máximo	265	202	221	154
mínimo	209	120	135	95

La capacidad de campo y el punto de marchitez permanente son los factores principales que determinan la humedad del suelo en el modelo. En la figura 17 se percibe que los valores de

bosque y pastos son más homogéneos comparados con café con sombra y cultivos anuales, que presentan mayores variaciones.

#### 5.2.4 Evapotranspiración Real (ETR)

Al igual que en la humedad disponible el bosque presenta el valor más alto de evapotranspiración real (828.45 mm/a), en cambio el pasto (708.44 mm/a) muestra la menor evapotranspiración real por su capacidad de retener humedad. El cultivo anual (738.79 mm/a) y café con sombra (714.93 mm/a) se encuentran intermedios. (Figura 18)

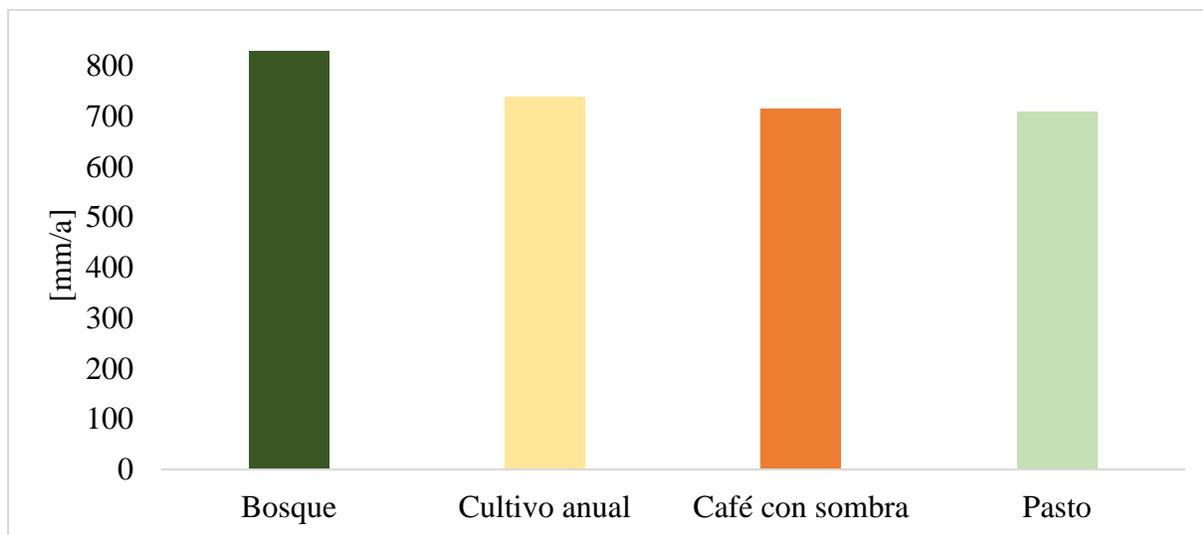


Figura 18. Evapotranspiración real según uso de suelo.

Eso se explica con los hallazgos de Tuñón (2000), quien encuentra que los diferentes usos de suelo y su cobertura evapotranspiran diferentes cantidades de agua, ya sea por su densidad y por su localización o exposición en el terreno. Para ciertas especies vegetales su capacidad máxima de evapotranspiración se alcanza cuando esta logra cubrir toda la superficie del suelo y esta dependerá del agua disponible en el suelo.

Igualmente confirman Iglesias *et al.*, (2005), que las características del uso de suelo y su porcentaje de cobertura, determinan los intercambios de agua y energía, no sólo por la profundidad de las raíces sino también por la biomasa aérea y sus actividades para el desarrollo de la vegetación.

La ETR de cultivos anuales y café con sombra está influenciada por el manejo agronómico, la densidad de las plantas y labores culturales dentro del área. Cisneros *et al.*, (2015) indican que se debe de tomar en cuenta la variabilidad morfológica de las plantas y el tipo de suelo.

Es por lo antes mencionado que, “en un tipo determinado de suelo y clima, los bosques transpiran más agua que las tierras de pastoreo las cuales, por lo general, usan más agua que los cultivos” (Luzi, *et al.*, 2020). Los bosques presentan el más alto consumo de agua esto es debido, en gran medida, a la mayor tasa de transpiración y a su distribución radicular que permite absorber agua desde mayores profundidades, si se compara con cultivos anuales.

Los resultados individuales en la figura 19, confirman la interpretación de los promedios.

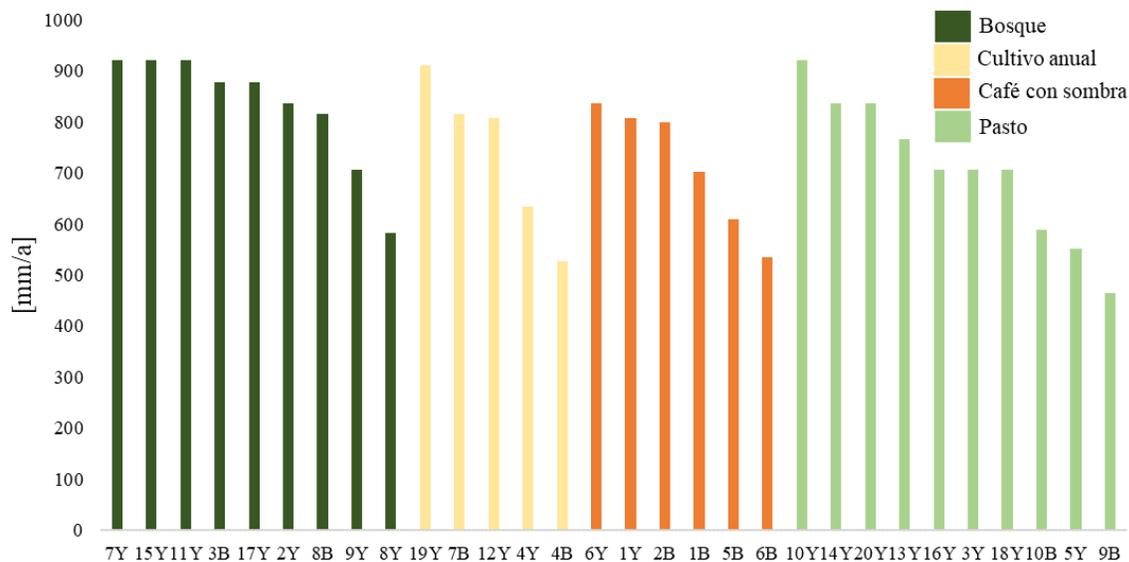


Figura 19. Valores individuales de ETR por puntos analizados.

Cuadro 9. Rangos mínimos y máximos de evapotranspiración real en el suelo en mm/ anuales.

Uso	Humedad disponible mm/a			
	bosque	cultivo anual	café con sombra	Pasto
máximo	920	911	836	920
mínimo	583	526	535	465

### 5.3. Recarga potencial

Las áreas con cobertura boscosa tienen mayor recarga potencial (307 mm/a) si se compara con los cultivos anuales (232 mm/a), café con sombra (219 mm/a) y pasto (205 mm/a). (Figura 20)

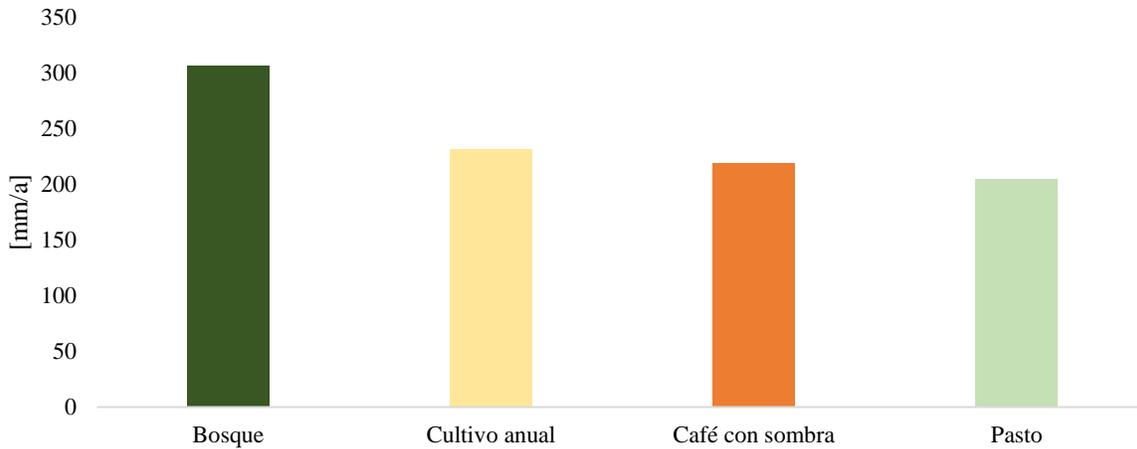


Figura 20. Recarga potencial según uso de suelo.

Los mismos resultados concluyeron Rodríguez y Pérez (2014), “en los bosques se da una mayor evapotranspiración, pero la capacidad de regulación y almacenamiento de humedad que presentan los suelos cubiertos de bosques, y la alta tasa de infiltración de estos, producen volúmenes de recarga superiores”.

Los cambios en el uso de la tierra pueden, por lo tanto, afectar la cantidad de agua transportada y con ello la cantidad de agua que llega a la zona saturada (Shaxson y Barber, 2005). El reemplazo de los bosques con pasturas o cultivos anuales puede afectar el drenaje profundo y el reabastecimiento de agua subterránea que dan paso a la recarga potencial (FAO, 2009).

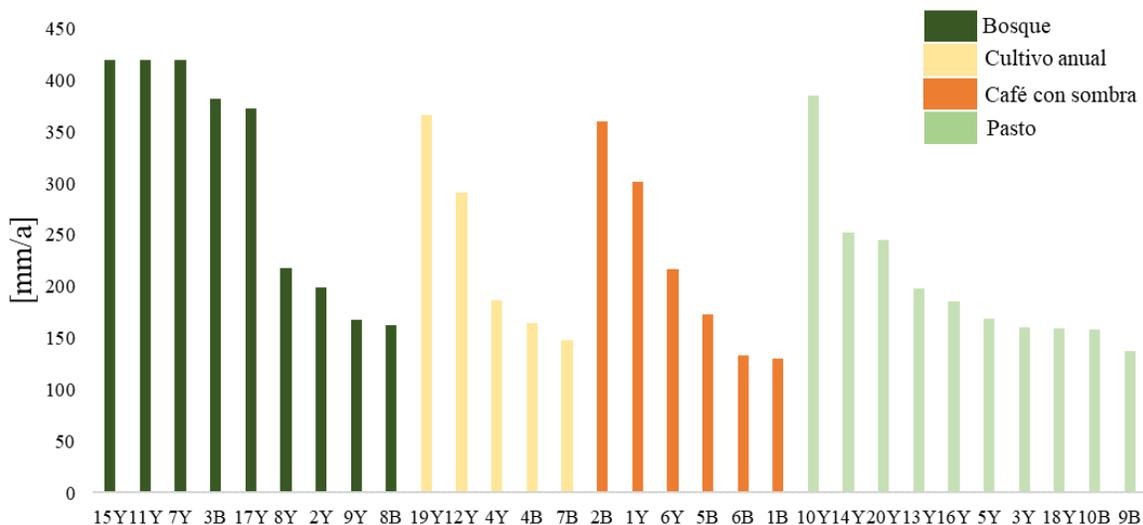


Figura 21. Valores individuales de recarga potencial por puntos analizados.

El bosque presenta una mayor consistencia en valores altos de recarga. (Figura 21)

#### 5.4. Limitantes en el Balance Hídrico de Suelo

El Balance Hídrico de Suelos de Gunther Schosinsky, debido a la amplitud del análisis, permite conclusiones que respaldan resultados próximos a la realidad como afirma su amplia aplicación en Costa Rica (Blanco, 2010). Sin embargo, el método presenta también diversas condicionantes que limitan la interpretación de los resultados, por ejemplo, la infiltración diaria.

Para comprobar el efecto que ejerce la mayor duración de la lluvia como lo propone Schosinsky, se calculó la precipitación que infiltra y la recarga potencial para dos horas; obteniendo los siguientes resultados:

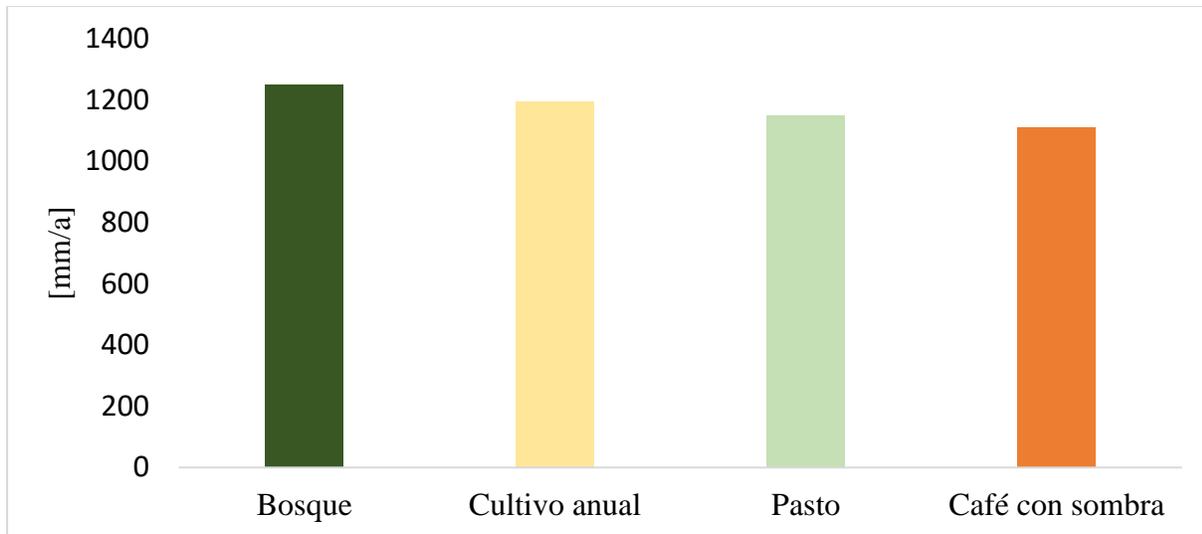


Figura 22. Precipitación infiltra con un aumento de precipitación de dos horas.

Como es de esperarse, se observa un aumento en la precipitación que infiltra comparándolo con los resultados de una hora (Figura 14 y 22). El bosque presenta el menor aumento con 113.64 mm/a, el cultivo anual 223.79 mm/a, el pasto con 235.38 mm/a y el café con sombra 175.57 mm/a.

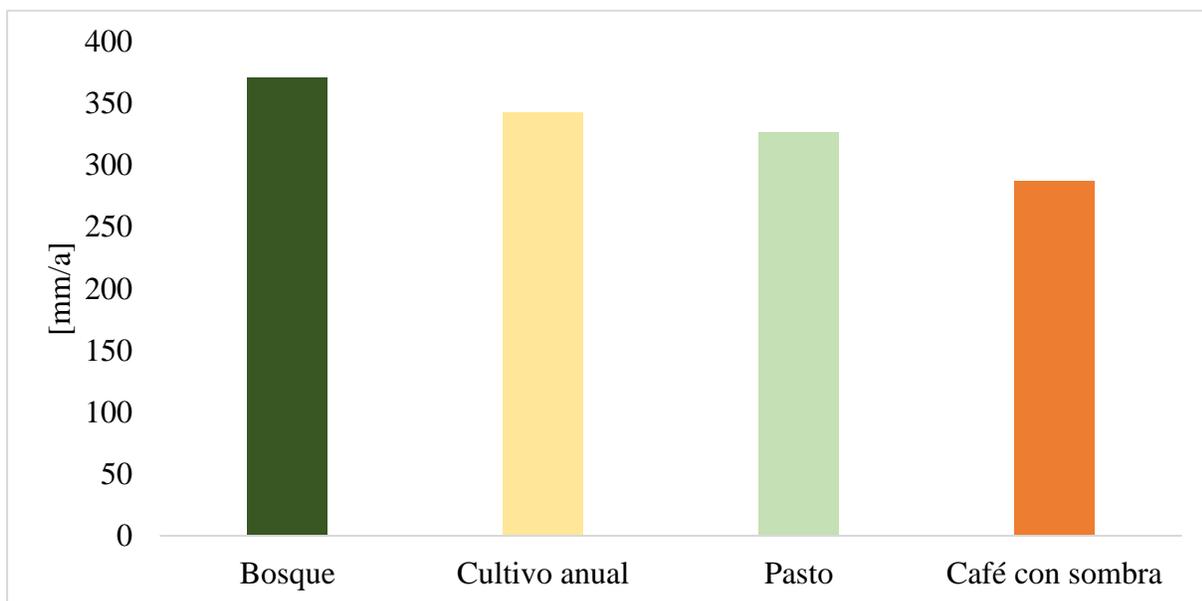


Figura 23. Recarga potencial con un aumento de precipitación de dos horas.

En la Figura 23, se observa un aumento en la recarga potencial al compararlos con los resultados de una hora. El bosque presentó un aumento de 64.13 mm/a, el cultivo anual 110.63 mm/a, el

pasto con 121.18 mm/a y el café con sombra 67.62 mm/a. Concluyendo que los resultados del aumento de los valores no son proporcionales al tiempo de las precipitaciones, por las condicionantes del modelo. (Figura 22 y 23)

Las mayores limitantes que influye en el modelo son la fracción que infiltra por textura del suelo ( $K_{fc}$ ), ya que su máximo valor es igual a uno, si este supera ese valor, los resultados de escurrimiento son negativos, indicando que toda el agua precipitada es infiltrando; seguido por los factores por pendiente ( $K_p$ ), debido a que las mayores pendientes según el modelo son mayor o igual a 7%, presentando en el área de estudio pendientes superiores al 20 %.

Como consecuencia los coeficientes de infiltración inciden directamente en la precipitación que infiltra ( $P_i$ ), misma variable que es utilizada para determinar la recarga potencial. En este aspecto, la recarga potencial se condiciona por los procesos que ocurren en la superficie y dentro del perfil del suelo. En este sentido, Herrera (2016), afirma que la pendiente y el tipo de suelo es de suma importancia en los procesos de infiltración, escurrimiento, humedad del suelo y recarga.

El modelo de Schosinsky refleja que, a mayor duración de las precipitaciones, menores diferencias se observan en la infiltración y recarga entre los diferentes usos de suelo. Permitiendo concluir que, el manejo del uso del suelo para optimizar la infiltración y recarga potencial es de mayor importancia en zonas con periodos de lluvias cortas, como es el caso del corredor seco.

## VI. CONCLUSIONES

Los bosques presentan hasta tres veces mayor velocidad de infiltración que áreas de pastos, mientras tanto; suelos ocupados por cultivos anuales y café con sombra presentan velocidades de infiltración similares, por debajo de los valores registrados en bosques. Esto se confirma con los resultados obtenidos en la precipitación que infiltra.

Suelos con bosque presentan mayores valores de humedad disponible y evapotranspiración real, los resultados se atribuyen a su profundidad radicular, la constante descomposición de la hojarasca, densidad y cobertura vegetal. Aunque los usos de pastos presenten menor ETR, la capacidad para retener humedad en el suelo es relativamente buena.

Los resultados de la incidencia del uso de suelo en el balance hídrico, permitió concluir que los bosques tienen mayor recarga potencial; mientras tanto, el café con sombra que posee una estructura similar a los bosques no tiene el mismo efecto; este se asemeja más a los cultivos anuales, ya que ambos implican manejo agronómico y aunque los pastos tienen la menor recarga potencial, según el modelo retienen mayor humedad disponible que los cultivos anuales.

El estudio permitió analizar las variables que influyen directamente en el modelo para determinar la recarga potencial y se encontró que las variables que limitan el uso del modelo son: los coeficientes de infiltración ( $C_i$ ) y la precipitación que filtran ( $P_i$ ), debido a que las principales entradas del modelo condicionan y limitan la interpretación de los resultados.

## **VII. RECOMENDACIONES**

1. Para futuras investigaciones se recomienda de forma general, aumentar los puntos de muestreo, trabajar con una distribución equitativa entre los diferentes usos y para confirmar los resultados aplicar cálculos estadísticos.
2. Es necesario el monitoreo constante de las precipitaciones debido a que las bases de registros históricos en su mayoría están incompletas o se encuentran deshabilitados.
3. Con respecto a los valores utilizados en la bibliografía sobre las profundidades de raíces asociadas a la vegetación, se recomienda sustituirlas con mediciones en el campo.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Arcila, J. (2007). Crecimiento y desarrollo de la planta de café. Sistemas de producción de café en Colombia. *CENICAFE, Chinchiná, Colombia*, 21-60.
- Arcos, M. E. (2010). *Influencia de la cobertura vegetal en la capacidad de infiltración de agua en suelos de Páramo* [Tesis de Licenciatura, Universidad San Francisco de Quito]. Repositorio Digital USFQ. <https://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/1070>
- Blanco Rojas, H. (2009). *Identificación y manejo de las áreas de recarga hídrica en la parte media-alta de las microcuencas Palo, Marín y San Rafaelito San Carlos, Costa Rica*. [Tesis de maestría, Universidad Estatal a Distancia]. Archivo digital <https://www.uned.ac.cr/ecologiaurbana/images/pdf/Tesis-Harol-Blanco.pdf>
- Castro, J., (2018). *Análisis del contexto político, biofísico, socioeconómico de las subcuencas productoras de agua en los municipios de Wiwili de Jinotega y Wiwili de nueva Segovia y acciones para su protección y conservación*. Managua, Nicaragua.
- Comisión Económica Para América Latina y el Caribe (CEPAL, 2014). *Los impactos ya persistentes del cambio climático en la región serán más intensos en el futuro*. <https://www.cepal.org/es/comunicados/los-impactos-ya-perceptibles-del-cambio-climatico-en-la-region-seran-mas-intensos-en-el>
- Cisneros Zayas, E., Rey García, R., Martínez Varona, R., López Seijas, T. y González Robaina, F. (2015). Evapotranspiración y coeficientes de cultivo para el cafeto en la provincia de Pinar del Río. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(2), 23-30.
- Delgado, M, I., Gaspari, F. y Sinisterra. G. (2017). Respuesta a la infiltración en distintos complejos suelo-vegetación en las sierras de Ventania, Argentina. *Revista de Tecnología*, 16 (1), 157-168.
- Desarrollo e Investigación en Ultramar de Bremen. (BORDA,2020). *Diagnóstico de las comunidades Kitriz, Santa Rosa, Ladislao y Las Colinas de la Llorona, municipio Wiwilí de Jinotega*. [Informe interno].
- Fenzl, N. (1989). *Nicaragua: Geografía, Clima, Geología e Hidrología*. CONSELHO EDITORIAL. <https://www.yumpu.com/xx/document/read/63823566/fenzl-norbert1989-nicaragua-geografiaclima-geologia-y-hidrogeologia>
- Gómez, G, C., Cerrón, R, M., Capcha, T, M. y Villavicencio, C, O. (2014). Evaluación de la tasa de infiltración en tierras agrícolas, forestales y de pastoreo en la subcuenca del río Shullcas. *Apuntes de Ciencia & Sociedad*, 4(1), 32-43 <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5042935>
- González Ñamendy, B. A. y López Moncada, S. C. (2020). *Caracterización de zonas potenciales de recarga hídrica en la microcuenca del río La Carreta, municipio de Cinco Pinos, Chinandega, 2018*. [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/4045/>

- Hargreaves, G. H., & Samani, Z. A. (1985). *Reference Crop Evapotranspiration from Air Temperature*. *Applied Engineering in Agriculture*, 1, 96-99. <http://dx.doi.org/10.13031/2013.26773>
- Herrera Ibáñez, I. R. (2016). La importancia del bosque en la recarga hídrica natural del acuífero noreste de la ciudad de Guatemala. *Cienc. tecnol. salud*, 17-26.
- Iglesias, A., Estrela, T. y Gallart, F. (2005). Impactos sobre los recursos hídricos. *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*. Ministerio de Medio Ambiente y Universidad de Castilla-La Mancha, 303-354. [https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/07\\_recursos\\_hidricos\\_2\\_tcm38-178498.pdf](https://www.miteco.gob.es/en/cambio-climatico/temas/impactos-vulnerabilidad-y-adaptacion/07_recursos_hidricos_2_tcm38-178498.pdf)
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (INETER, 2005). *Caracterización Biofísica del Municipio de Wiwilí de Nueva Segovia*. Base de datos Nacionales del Instituto Nicaragüense de estudios territoriales. <https://www.ineter.gob.ni/geoportales/atlasnacionalsuelo/index.html>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (INETER, 2015). *Mapas interactivos de cobertura y uso de la tierra de la República de Nicaragua*. Base de datos Nacionales del Instituto Nicaragüense de estudios territoriales. <https://www.ineter.gob.ni/geoportales/atlasnacionalsuelo/index.html>
- Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales. (INETER, 2021). *Base de datos climáticos Nacionales del Instituto Nicaragüense de estudios territoriales*. <https://www.ineter.gob.ni/geoportales/atlasnacionalsuelo/index.html>
- Jarquín Díaz, J. R. y Valenzuela Espinoza, A. I. (2020). *Comparación de la resiliencia de cuatro sistemas de producción de café (Coffea arábica L.)*, Dipilto, Nueva Segovia, 2018-2019. [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/4086/1/tnp40j37.pdf>
- Llanes, M, G. y Rizo, D, O (2019). *Evaluación del efecto de cuatro sistemas de uso del suelo sobre propiedades hidrofísicas, en la microcuenca Quebrada Arriba, Yalagüina* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/3853/1/tnp33ll791.pdf>
- López-Báez, W., Ramírez-Vilchis, C. E., Reynoso-Santos, R. y Cadena-Iñiguez, P. (2018). Diagnóstico de las propiedades de los suelos en áreas de bosque, y productivas de la reserva de la biosfera El Triunfo. *Agro Productividad*, 11(3). <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/225>
- Morales Hernández, K. L. (2021). *Caracterización de la oferta, demanda y calidad del agua subterránea para riego en El Plantel* [Tesis de Ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.edu.ni/4412/1/tnp10m828.pdf>

- Organización de las Naciones Unidas Para la Alimentación y la Agricultura. (FAO, 2009). *Optimización de la Humedad Del Suelo Para la producción Vegetal: El Significado de la Porosidad Del Suelo (Boletines de Suelos de la Fao)* (Vol. 79). Food & Agriculture Org. <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s00.htm#Contents>
- Peraza Mejía, M, S. (2009). Evaluación de la zona de recarga hídrica y bosques ribereños en la Subcuenca del Río Cumes, Jesús de Otoro, Intibucá, Honduras. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/bb554df4-b40c-4560-b456-e23d6d98e377/content>
- Ramírez, P. (2013). Determinación de la recarga acuífera potencial mediante un sistema de información geográfica para la cuenca del Río frío, Costa Rica. *Revista Geográfica de América Central*, (51), 15-35. <https://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/article/view/5987/5885>
- Ríos, N., Andrade, H. y Ibrahim, M. (2008). Evaluación de la recarga hídrica en sistemas silvopastoriles en paisajes ganaderos. *Zootecnia Tropical*, 26(3), 183-186.
- Rodríguez, D. M. y Pérez, P. (2014). Determinación de la recarga hídrica potencial en la cuenca hidrográfica Guara, Cuba. *Aqua-LAC*, 6(2), 58-70.
- Sánchez, C. y Álvarez, L. (2003). Gramíneas de corte. En F. Moreno y D. Molina (Eds.). *Manual Técnico: Buenas Prácticas Agropecuarias -BPA- en la Producción de Ganado de Doble Propósito Bajo Confinamiento, con Caña Panelera Como Parte de la Dieta* (pp. 81-105). <https://www.fao.org/3/a1564s/a1564s04.pdf>
- Sandoval, C., Cantú, I., González, H., Yáñez, M., Marmolejo, J. y Gómez, M. (2021). Efecto de diferentes usos del suelo en las propiedades físicas e hidrológicas de un Luvisol en Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 12(68), 151-177. <http://orcid.org/0000-0002-0717-3321>
- Schosinsky, G. (2006). Cálculo de la recarga potencial de acuíferos mediante un balance hídrico de suelos. *Revista Geológica de América Central*, (34-35), 13-30. <https://www.redalyc.org/pdf/454/45437342002.pdf>
- Schosinsky, G. y Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Revista Geológica de América Central*, (23). <https://doi.org/10.15517/RGAC.V0I23.8579>
- Shaxson, F., y Barber, R. (2005). *Optimización de la Humedad Del Suelo Para la Producción Vegetal: El Significado de la Porosidad Del Suelo*. <https://www.fao.org/3/y4690s/y4690s00.htm#Contents>
- Soza, E., Mené, S. y Bertoia, P. (2018). Dinámica de la infiltración en un pastizal natural: el impacto de la disímil cobertura de suelo alterada por corte mecánico. *Revista Facultad de Agronomía y carreras Agroalimentarias UM*. 9. 65-79

Tuñón Colom, J. (2000). *Determinación experimental del balance hídrico del suelo y evaluación de la contaminación asociada a las prácticas agrícolas*. [Tesis Doctoral, Universitat Jaume I.]. <https://www.tdx.cat/handle/10803/10405>

United States Department of Agriculture. (USDA, 1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. [https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE\\_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf](https://www.nrcs.usda.gov/Internet/FSE_DOCUMENTS/stelprdb1044786.pdf)

## IX. ANEXOS

### Anexo 1. Datos climáticos

Los valores que aparecen en **negrita y cursiva** son los datos descargados de la plataforma Climate Engine, el resto corresponden a los registros históricos de las bases de datos de INETER.

Estación: <b>QUILALI / NUEVA SEGOVIA</b>		Código: 4504										
Departamento: <b>NUEVA SEGOVIA</b>		Municipio: <b>QUILALI</b>										
Latitud: <b>13°34'06"</b>		Longitud: <b>86°01'42"</b>										
Años: <b>1958-2015</b>		Elevación: <b>400 msnm</b>										
Parámetro: <b>Precipitación (mm)</b>		Tipo: <b>HMO</b>										
Año	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991	0.0	0.0	0.0	0.0	55.2	178.4	139.8	93.8	103.9	178.4	40.4	56.4
1992	24.9	3.8	11.5	5.4	219.0	160.9	232.3	115.0	230.9	102.9	47.1	52.2
1993	36.8	10.1	14.5	11.7	314.6	197.4	155.5	231.9	197.1	126.0	29.2	26.7
1994	39.9	15.6	2.0	54.4	97.4	182.6	71.0	210.9	201.5	87.7	72.0	26.6
1995	16.9	7.1	36.5	94.2	39.8	275.6	118.3	208.7	173.5	387.4	83.7	45.9
1996	10.6	2.0	21.1	4.1	202.1	123.1	198.3	316.1	220.4	289.4	253.1	16.9
1997	30.7	14.4	20.1	0.0	4.7	284.3	175.7	218.6	176.7	216.5	124.1	2.8
1998	9.1	0.0	26.3	0.0	0.0	74.9	202.6	215.0	74.7	462.8	203.8	22.8
1999	83.4	45.1	6.2	22.0	178.0	280.5	237.6	234.5	249.1	213.1	17.2	12.3
2000	30.2	13.9	85.0	0.0	43.6	60.7	97.8	132.2	232.6	86.2	47.8	18.6
2001	0.0	0.0	2.9	4.6	120.9	80.6	104.5	262.2	163.5	106.4	57.8	4.0
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	100.7	202.0	134.1	80.9	107.5	142.4	44.0	12.6
2004	0.0	0.0	0.0	24.5	127.8	286.8	146.6	108.5	191.6	169.2	86.9	12.5
2005	10.4	0.0	0.5	24.2	75.0	311.4	251.5	270.9	202.3	158.2	45.6	30.2
2006	17.8	16.0	14.4	18.4	83.3	153.0	203.1	121.9	93.8	89.1	73.5	104.9
2007	23.0	1.1	52.2	11.3	87.1	112.4	183.8	214.1	407.3	291.0	79.4	16.0
2008	20.5	25.9	24.3	1.7	129.2	307.1	167.7	170.1	183.9	365.7	1.4	5.4
2009	14.9	10.5	21.4	11.5	133.9	139.7	165.7	116.9	53.3	159.7	37.4	45.7
2010	15.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	128.3	377.6	194.8	131.7	39.3	0.0
2011	10.4	4.8	3.8	0.0	211.6	160.2	208.0	225.0	152.3	135.8	75.2	25.6
2012	27.6	13.4	4.0	205.0	330.7	264.8	72.5	291.9	91.1	138.6	27.1	36.3
2013	44.3	10.1	1.7	14.5	164.2	210.9	113.3	204.6	348.8	209.8	100.4	36.5
2014	22.0	19.0	1.0	0.0	43.7	212.3	75.1	99.0	197.2	247.4	57.3	8.0
2015	18.1	14.7	11.9	6.6	8.4	367.1	98.0	81.9	127.7	171.4	101.3	37.4
2016	7.4	0.0	0.0	24.1	123.5	180.6	194.5	176.9	148.5	204.4	40.1	67.4
2017	18.0	6.4	17.9	41.7	246.5	136.4	206.0	163.5	220.0	169.0	15.2	62.4
2018	20.2	21.8	12.3	30.6	272.3	264.3	96.2	143.1	198.8	184.1	6.4	14.0
<b>2019</b>	<b>29.00</b>	<b>13.00</b>	<b>10.00</b>	<b>29.00</b>	<b>233.00</b>	<b>141.00</b>	<b>122.00</b>	<b>113.00</b>	<b>200.00</b>	<b>203.00</b>	<b>41.00</b>	<b>29.00</b>
<b>2020</b>	<b>64.00</b>	<b>26.00</b>	<b>20.00</b>	<b>2.00</b>	<b>223.00</b>	<b>324.00</b>	<b>173.00</b>	<b>242.00</b>	<b>169.00</b>	<b>364.00</b>	<b>375.00</b>	<b>47.00</b>

Estación: MURRA / NUEVA SEGOVIA						Código: 45009						
Departamento: NUEVA SEGOVIA						Municipio: MURRA						
Latitud: 13°45'24"						Longitud: 86°01'12"						
Años: 1963-2018						Elevación: 760 msnm						
Parámetro: Precipitación (mm)						Tipo: PV						
Año	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991	52.9	21.4	7.2	12.5	171.3	148.0	161.5	142.7	117.7	255.5	16.3	15.0
1992	0.0	0.0	0.0	102.1	94.1	219.0	212.8	199.3	187.9	141.7	39.3	57.5
1993	96.7	6.3	5.4	15.0	319.3	180.9	422.3	365.3	390.1	168.3	75.3	78.6
1994	221.9	26.0	0.0	0.0	268.2	283.2	112.7	78.1	65.4	80.4	59.6	84.0
1995	52.1	11.0	8.4	83.4	80.7	256.9	126.5	241.3	221.7	303.3	71.9	56.3
1996	18.2	23.9	11.8	9.0	166.6	99.5	216.6	231.7	150.3	109.4	22.1	25.7
1997	23.3	101.5	19.8	7.9	4.3	214.6	177.3	109.8	149.6	194.2	113.2	0.9
1998	19.8	0.0	74.0	2.9	111.5	114.5	140.6	37.0	140.3	343.1	157.0	65.0
1999	22.2	11.3	49.3	32.1	71.9	41.3	47.5	31.5	205.7	32.3	68.1	43.2
2000	17.5	1.7	0.0	0.0	146.6	193.8	179.8	242.6	158.9	111.3	49.9	0.0
2001	23.0	0.0	4.6	39.4	260.4	204.0	75.8	150.8	139.7	50.5	46.1	21.0
2002	12.7	23.6	10.7	6.6	202.1	88.8	8.8	32.4	69.8	152.2	64.0	80.2
2003	105.6	11.9	0.0	0.0	83.8	69.1	177.4	169.0	287.9	199.3	148.5	23.1
2004	0.0	7.1	92.1	11.2	151.7	<b>159.0</b>	<b>169.0</b>	126.3	124.8	114.2	<b>107.0</b>	38.8
2005	78.6	28.0	4.4	27.3	232.0	433.3	494.7	153.6	144.1	153.1	125.5	27.3
2006	0.0	0.0	2.5	0.0	75.8	143.0	108.4	135.7	138.4	238.9	145.6	160.9
2007	70.0	13.4	106.9	6.7	106.6	215.2	260.4	289.3	287.4	237.4	<b>41.0</b>	<b>7.0</b>
2008	169.9	56.8	93.9	7.4	86.2	242.8	246.1	219.3	318.9	353.3	0.5	33.4
2009	45.2	31.6	25.0	25.8	257.9	192.4	202.8	162.1	79.7	136.8	76.2	58.0
2010	50.8	69.5	21.4	0.0	270.5	197.2	276.3	342.8	169.3	107.9	61.1	0.0
2011	37.4	22.4	15.7	2.0	122.6	180.6	239.8	138.6	179.7	175.1	75.2	80.8
2012	99.1	89.5	38.5	80.4	252.5	175.4	158.5	299.7	174.6	249.5	39.7	84.4
2013	96.6	1.1	23.4	8.1	113.7	231.4	125.1	162.9	372.7	170.3	82.7	93.9
2014	42.1	27.2	0.0	0.0	73.7	147.6	31.9	176.8	<b>128</b>	<b>243</b>	<b>81</b>	<b>35</b>
2015	68.0	23.2	49.5	25.4	29.0	195.5	147.0	54.3	212.4	96.5	85.8	55.2
2016	15.7	64.3	8.4	20.1	96.1	208.6	226.4	358.1	322.6	166.3	145.0	166.9
2017	44.6	21.0	73.4	30.4	204.3	173.0	413.7	206.5	195.9	162.7	92.4	61.5
2018	65.4	55.5	18.2	21.5	60.3	217.4	142.4	130.7	114.9	<b>210</b>	<b>22</b>	<b>26</b>
2019	41	16	16	39	261	150	125	109	210	199	45	35
2020	83	30	29	2	215	324	169	239	156	352	398	61

Estación: EL CUA								Código: 45041				
Departame JINOTEGA								Municipio EL CUA				
Latitud: 13°22'06"								Longitud: 85°40'18"				
Años: 2005 - 2015								Elevación: 44 msnm				
Parámetro: Precipitación (mm)								Tipo: PG				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991			3.7	22.6	60.5	327.5	254.8	<b>227</b>	<b>247</b>	<b>163</b>	<b>64</b>	<b>154</b>
1992	55.1	26.9	19.3	3.5	85.3	248.8	318.4	222.4	306.5	157.5	70.9	113.5
1993	37.8	19.6	15.4	24.0	31.1	<b>348</b>	<b>246</b>	269.0	329.4	146.1	74.4	87.1
1994	59.6	30.3	20.9	11.8	227.3	180.9	194.3	324.6	276.4	115.9	128.8	84.8
1995	29.0	19.4	17.3	20.4	92.1	190.5	237.0	301.0	228.1	388.5	86.5	105.6
1996	51.8	17.5	2.2	1.8	274.4	225.6	241.8	256.8	240.6	148.4	319.5	63.7
1997	123.1	57.4	53.7	1.8	0.0	298.1	249.5	244.3	249.3	281.6	235.7	11.2
1998	17.1	0.0	25.2	1.6	169.3	188.9	372.0	261.7	130.8	381.7	231.3	9.5
1999	67.3	11.2	33.0	17.8	52.8	183.7	244.9	177.7	344.3	195.7	51.2	29.2
2000	51.6	21.7	1.9	28.5	237.2	230.0	219.5	202.2	232.0	232.3	112.1	74.2
2001	58.1	77.9	2.9	13.5	88.7	166.0	297.7	254.4	304.0	327.2	46.1	47.3
2002	55.4	42.9	15.9	78.8	280.0	382.1	325.5	270.2	63.4	246.0	117.8	74.7
2003	51.0	14.1	4.1	20.3	235.7	201.6	274.8	228.4	122.8	211.3	145.5	25.8
2004	47.2	27.4	87.6	14.9	237.3	449.0	246.8	257.5	198.0	166.1	212.8	27.3
2005	74.1	0.1	21.8	34.6	125.2	262.3	228.4	333.4	175.6	148.8	115.9	63.5
2006	83.6	40.7	48.3	35.0	83.6	352.1	534.2	236.1	171.0	179.0	139.4	148.8
2007	51.9	19.2	103.0	43.2	82.6	210.9	337.9	315.1	439.8	184.6	160.8	50.1
2008	100.6	58.7	58.1	40.3	106.8	324.2	440.8	171.4	217.9	336.4	14.9	58.7
2009	40.7	53.9	29.2	47.2	307.8	152.5	436.4	198.7	124.4	142.3	86.8	66.2
2010	25.7	8.8	8.9	209.0	274.8	250.6	359.5	398.5	186.9	185.2	48.4	5.5
2011	44.9	45.7	24.6	3.2	125.8	271.9	305.8	230.1	213.1	161.1	92.2	142.4
2012	88.9	43.9	32.2	38.8	270.2	233.2	278.1	303.1	266.5	164.6	57.3	78.4
2013	<b>67.0</b>	<b>26.0</b>	<b>87.0</b>	<b>42.0</b>	<b>236.0</b>	<b>262.0</b>	<b>159.0</b>	<b>171.0</b>	<b>384.0</b>	<b>212.0</b>	<b>100.0</b>	<b>65.0</b>
2014	<b>243.0</b>	<b>21.0</b>	<b>24.0</b>	<b>15.0</b>	<b>102.0</b>	<b>234.0</b>	<b>66.0</b>	<b>197.0</b>	<b>174.0</b>	<b>265.0</b>	<b>94.0</b>	<b>56.0</b>
2015	<b>82.0</b>	<b>17.0</b>	<b>67.0</b>	<b>37.0</b>	<b>49.0</b>	<b>472.0</b>	<b>83.0</b>	<b>123.0</b>	<b>194.0</b>	<b>189.0</b>	<b>135.0</b>	<b>73.0</b>
2016	<b>21.0</b>	<b>59.0</b>	<b>20.0</b>	<b>50.0</b>	<b>111.0</b>	<b>304.0</b>	<b>190.0</b>	<b>288.0</b>	<b>208.0</b>	<b>293.0</b>	<b>137.0</b>	<b>269.0</b>
2017	<b>54.0</b>	<b>71.0</b>	<b>25.0</b>	<b>58.0</b>	<b>225.0</b>	<b>356.0</b>	<b>396.0</b>	<b>295.0</b>	<b>191.0</b>	<b>320.0</b>	<b>121.0</b>	<b>181.0</b>
2018	<b>102.0</b>	<b>41.0</b>	<b>50.0</b>	<b>39.0</b>	<b>156.0</b>	<b>280.0</b>	<b>123.0</b>	<b>130.0</b>	<b>236.0</b>	<b>237.0</b>	<b>35.0</b>	<b>37.0</b>
2019	<b>57.0</b>	<b>26.0</b>	<b>17.0</b>	<b>50.0</b>	<b>314.0</b>	<b>186.0</b>	<b>153.0</b>	<b>147.0</b>	<b>168.0</b>	<b>229.0</b>	<b>70.0</b>	<b>53.0</b>
2020	<b>127.0</b>	<b>43.0</b>	<b>52.0</b>	<b>6.0</b>	<b>256.0</b>	<b>392.0</b>	<b>210.0</b>	<b>275.0</b>	<b>181.0</b>	<b>397.0</b>	<b>444.0</b>	<b>80.0</b>

Estación:	SANTA. ROSA DE VENTIA / JINOTEGA								Código:	45012		
Departamento:	JINOTEGA								Municipio:			
Latitud:	13°32'24"								Longitud:	85°53'48"		
Años:	1999-2018								Elevación:	500 msnm		
Parámetro:	Precipitación (mm)								Tipo:	PV		
Año	Ene	Febr	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1991	38	8	9	13	114	248	165	199	250	147	46	100
1992	21	8	27	28	65	283	218	108	211	311	36	56
1993	64	6	37	22	185	313	199	245	322	228	50	41
1994	51	20	5	23	115	87	105	100	258	172	82	35
1995	56	14	22	55	101	242	290	365	216	369	57	42
1996	64	7	23	34	131	217	371	412	195	319	111	7
1997	62	25	5	60	53	203	65	110	167	210	242	5
1998	7	14	7	24	87	244	302	171	195	304	83	91
1999	42.0	24.4	10.9	9.7	71.5	178.2	147.5	193.4	334.6	275.3	44.6	11.8
2000	12.8	13.0	0.0	0.0	137.6	108.8	149.6	186.3	273.8	81.0	36.7	33.4
2001	0.0	9.6	0.0	0.0	147.4	107.0	161.1	149.3	35.6	120.8	40.3	8.8
2002	0.0	0.0	0.0	0.0	310.3	214.8	205.2	157.9	53.3	174.3	75.2	20.0
2003	4.9	4.1	0.0	0.0	60.3	122.1	116.4	134.9	200.3	244.7	114.6	35.1
2004	23.6	40.2	0.0	8.0	145.6	261.3	149.9	197.8	196.2	108.3	104.7	0.0
2005	31.9	9.9	0.0	48.5	108.5	251.5	269.8	303.3	158.9	189.4	65.0	132.5
2006	133.3	93.9	0.0	21.4	53.6	260.8	241.0	124.3	144.9	152.6	78.0	141.7
2007	16.2	0.0	0.0	44.0	69.8	79.5	221.2	299.1	311.3	171.4	125.6	36.4
2008	57.4	78.9	0.0	0.0	101.2	199.0	338.3	153.7	152.8	452.7	21.2	36.3
2009	55.7	18.0	0.0	11.0	167.0	120.1	191.4	198.2	71.0	71.4	100.1	77.0
2010	56.3	0.0	0.0	140.2	275.9	225.8	348.5	568.6	243.3	81.7	50.7	0.0
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	119.2	155.4	243.6	225.0	0.0	0.0	0.0	0.0
2012	113.0	0.0	0.0	109.4	259.7	154.6	298.4	304.7	307.9	143.5	105.7	271.7
2013	<b>35.00</b>	<b>10.00</b>	<b>57.00</b>	<b>31.00</b>	<b>214.00</b>	<b>247.00</b>	<b>134.00</b>	<b>165.00</b>	<b>388.00</b>	<b>186.00</b>	<b>74.00</b>	<b>38.00</b>
2014	<b>131.00</b>	<b>9.00</b>	<b>14.00</b>	<b>7.00</b>	<b>86.00</b>	<b>214.00</b>	<b>52.00</b>	<b>197.00</b>	<b>150.00</b>	<b>244.00</b>	<b>71.00</b>	<b>27.00</b>
2015	48.9	53.1	0.0	36.3	24.0	287.2	202.8	69.4	82.4	151.0	123.1	78.7
2016	0.0	0.0	0.0	35.5	114.9	239.1	207.7	294.8	162.6	107.8	47.8	41.6
2017	0.0	0.0	0.0	53.3	169.9	143.8	223.7	198.6	232.9	156.8	0.0	83.6
2018	74.0	56.7	5.6	43.4	365.0	272.5	137.4	98.9	273.5	206.6	46.5	47.0
2019	<b>26.00</b>	<b>12.00</b>	<b>11.00</b>	<b>29.00</b>	<b>237.00</b>	<b>158.00</b>	<b>124.00</b>	<b>124.00</b>	<b>191.00</b>	<b>213.00</b>	<b>48.00</b>	<b>28.00</b>
2020	<b>56.00</b>	<b>23.00</b>	<b>25.00</b>	<b>3.00</b>	<b>215.00</b>	<b>359.00</b>	<b>175.00</b>	<b>258.00</b>	<b>174.00</b>	<b>367.00</b>	<b>367.00</b>	<b>44.00</b>

Estación:	Wamblan											Código:	45085
Departamento:	JINOTEGA											Municipio:	Jinotega
Latitud:	13.81526											Longitud:	-85.6889
Años:	1991-2020											Elevación:	345
Parámetro:	Precipitación											Tipo:	HMOT
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1991	65	13	17	17	134	268	194	223	251	145	60	171	
1992	36	13	49	37	74	309	279	119	207	325	42	99	
1993	<b>105</b>	11	68	29	213	342	253	275	329	229	65	70	
1994	93	36	11	29	132	93	129	110	268	168	99	62	
1995	<b>101</b>	26	35	69	110	265	369	426	219	391	74	71	
1996	91	11	43	48	147	236	476	477	167	368	119	10	
1997	96	47	5	79	45	221	86	145	149	233	324	5	
1998	15	5	8	33	107	254	373	184	178	261	103	154	
1999	13	37	2	58	140	332	170	290	293	75	40	73	
2000	23	44	1	52	263	231	112	215	302	92	28	77	
2001	89	37	28	34	142	56	192	215	216	365	103	85	
2002	85	32	32	34	162	346	256	83	163	214	31	125	
2003	45	52	58	43	139	353	228	197	210	210	128	21	
2004	85	70	43	37	171	277	257	274	208	209	115	78	
2005	95	31	36	37	152	278	275	205	229	219	112	51	
2006	99	67	31	37	141	430	283	208	218	200	116	227	
2007	18	28	83	68	68	265	126	358	311	137	50	9	
2008	171	39	13	24	111	169	545	222	231	473	59	27	
2009	55	57	34	0	113	606	174	101	87	117	129	242	
2010	53	60	1	41	135	248	303	228	286	223	118	13	
2011	86	40	35	38	134	279	280	204	216	219	111	20	
2012	51	18	34	<b>107</b>	239	137	140	425	78	290	40	49	
2013	65	12	<b>111</b>	38	262	276	178	211	391	183	92	67	
2014	<b>238</b>	14	25	6	101	238	73	242	139	248	99	46	
2015	68	14	75	34	43	488	84	199	222	204	127	78	
2016	19	57	26	39	87	296	177	297	190	254	93	228	
2017	39	47	27	55	174	345	394	280	194	281	76	156	
2018	82	35	49	35	156	268	128	137	228	213	30	34	
2019	44	23	20	42	309	197	159	133	158	222	67	45	

Estación:	Santa Rosa de Ventia											Código:	45043
Departamento:	Nueva Segovia											Municipio:	Wiwilí
Latitud:	13.53916											Longitud:	-85.89669
Años:	1991-2020											Elevación:	500
Parámetro:	Precipitación											Tipo:	PV
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1991	38	8	9	13	114	248	165	199	250	147	46	100	
1992	21	8	27	28	65	283	218	108	211	311	36	56	
1993	64	6	37	22	185	313	199	245	322	228	50	41	
1994	51	20	5	23	115	87	105	100	258	172	82	35	
1995	56	14	22	55	101	242	290	365	216	369	57	42	
1996	64	7	23	34	131	217	371	412	195	319	111	7	
1997	62	25	5	60	53	203	65	110	167	210	242	5	
1998	7	14	7	24	87	244	302	171	195	304	83	91	
1999	11	23	2	50	132	293	134	256	280	109	37	50	
2000	18	22	1	34	212	217	92	161	282	97	25	43	
2001	67	16	12	19	123	53	143	159	209	332	69	54	
2002	62	13	12	15	137	298	174	73	165	212	30	72	
2003	22	28	33	45	122	333	175	158	204	215	129	19	
2004	47	36	25	26	179	216	202	242	198	200	100	32	
2005	61	15	34	23	127	261	204	163	229	236	88	31	
2006	75	39	13	25	128	373	231	160	198	167	110	129	
2007	10	15	45	53	67	243	109	315	307	149	44	7	
2008	95	35	9	21	101	157	420	217	232	459	48	18	
2009	36	32	17	1	101	554	134	82	88	119	99	137	
2010	39	35	2	45	104	231	280	218	289	219	121	8	
2011	45	33	21	28	100	246	238	162	184	220	86	15	
2012	26	10	18	79	199	127	106	373	83	281	33	27	
2013	35	10	57	31	214	247	134	165	388	186	74	38	
2014	<b>131</b>	9	14	7	86	214	52	197	150	244	71	27	
2015	39	8	41	26	38	448	66	156	214	194	103	44	
2016	9	31	14	36	80	258	123	277	184	271	87	143	
2017	22	36	12	43	164	324	298	261	191	278	81	97	
2018	48	20	29	27	134	250	97	117	230	214	22	19	
2019	26	12	11	29	237	158	124	124	191	213	48	28	
2020	56	23	25	3	215	359	175	258	174	367	367	44	

Estación:										Código: 45081			
Departamento: Jinotega										Municipio: San José de Bocay			
Latitud: 13.5575										Longitud: -85.5222			
Años: 1991-2020										Elevación: 300			
Parámetro: Precipitación										Tipo: PVT			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1991	71	17	17	21	157	289	236	248	266	164	72	178	
1992	39	15	50	42	86	322	326	144	227	315	50	107	
1993	<b>126</b>	13	74	33	236	377	289	303	332	249	72	76	
1994	94	34	11	35	153	99	157	142	285	182	121	67	
1995	<b>103</b>	26	52	89	131	293	406	450	230	398	82	84	
1996	<b>147</b>	15	47	50	182	253	507	483	250	330	143	17	
1997	<b>134</b>	46	18	86	64	246	88	117	179	207	324	13	
1998	3	32	21	44	119	308	438	211	216	299	117	180	
1999	32	48	7	81	197	323	191	366	291	176	54	106	
2000	51	44	2	46	254	279	148	167	295	108	38	90	
2001	<b>145</b>	25	24	30	149	78	205	170	223	332	125	132	
2002	<b>137</b>	25	20	22	173	340	243	104	182	218	51	132	
2003	47	49	64	67	145	381	251	218	237	245	200	53	
2004	94	67	44	46	259	371	296	293	231	205	140	63	
2005	<b>128</b>	28	72	28	203	301	298	187	251	272	129	66	
2006	<b>166</b>	71	23	33	166	424	334	195	195	164	159	238	
2007	22	26	85	79	97	286	163	388	326	169	74	19	
2008	<b>181</b>	66	21	36	160	194	572	285	249	473	74	43	
2009	77	59	41	2	129	608	195	111	100	141	135	247	
2010	95	63	9	69	133	271	450	302	306	270	179	20	
2011	95	67	46	40	126	295	339	181	177	264	124	43	
2012	51	18	34	121	257	149	170	448	100	286	53	51	
2013	67	22	107	45	258	283	187	206	404	203	105	69	
2014	<b>239</b>	19	28	15	109	254	83	236	180	257	106	62	
2015	82	17	79	41	52	497	95	165	212	190	140	78	
2016	23	57	26	47	114	338	233	312	225	271	126	271	
2017	51	55	34	64	227	376	463	317	206	306	103	181	
2018	98	39	56	43	169	295	150	152	247	228	41	40	
2019	54	26	20	54	352	221	174	158	154	212	82	54	
2020	<b>115</b>	38	67	7	237	406	238	278	188	371	461	83	

Estación:	JINOTEGA / JINOTEGA						Código:	55020					
Departamento:	JINOTEGA						Municipio:	JINOTEGA					
Latitud:	13°05'06"						Longitud:	85°59'48"					
Años:	1952-2019						Elevación:	1032 msnm					
Parámetro:	<b>Precipitación (mm)</b>						Tipo:	HMP					
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1991	26.7	34.4	3.8	4.9	130.5	86.2	96.6	59.5	98.9	152.8	50.6	43.9	
1992	26.5	10.3	5.1	2.2	71.3	72.4	171.9	104.4	185.5	141.8	22.2	107.8	
1993	80.9	14.5	11.3	6.0	362.0	170.0	103.1	192.4	325.9	78.3	50.6	61.7	
1994	30.9	34.9	17.3	29.3	54.8	95.2	75.3	98.9	155.6	151.0	113.1	35.5	
1995	11.2	9.7	37.4	68.3	48.0	425.2	125.7	442.5	223.1	220.8	56.7	46.5	
1996	43.8	20.7	9.9	2.5	209.1	105.7	250.2	216.1	188.1	382.6	203.8	22.7	
1997	30.7	22.3	33.8	1.0	0.9	304.9	97.5	41.6	241.2	185.2	130.1	7.2	
1998	8.8	0.0	29.9	5.0	125.4	105.1	146.1	141.3	259.1	916.7	137.0	59.3	
1999	64.6	61.3	10.5	11.1	76.3	165.3	134.4	110.9	242.3	196.3	42.2	15.3	
2000	47.9	21.2	8.2	0.8	83.3	131.9	99.0	53.7	325.8	156.8	42.0	34.5	
2001	26.7	35.6	1.5	0.4	134.0	88.7	68.2	123.3	154.1	91.3	60.6	30.3	
2002	23.4	11.4	23.4	39.2	140.9	308.2	180.5	107.4	113.4	160.4	80.4	39.2	
2003	40.0	8.0	16.0	9.9	152.1	314.5	110.6	128.2	118.0	81.4	82.9	27.9	
2004	30.6	21.4	30.9	27.0	125.6	156.5	100.9	106.1	235.5	105.7	109.1	15.9	
2005	14.0	12.8	10.9	34.3	136.6	415.1	232.6	210.7	136.2	282.2	66.7	37.0	
2006	45.1	24.4	15.7	3.6	64.6	189.8	199.8	72.3	112.3	179.6	65.6	69.7	
2007	15.3	30.3	29.2	9.8	138.6	120.1	111.3	262.6	302.6	391.0	99.3	45.9	
2008	58.1	28.1	15.1	14.7	268.2	191.0	211.3	98.5	106.1	365.1	25.8	28.2	
2009	31.8	27.1	7.3	2.4	190.4	89.0	195.7	83.3	45.3	119.3	89.2	40.8	
2010	17.0	28.2	1.9	122.0	335.2	198.5	273.3	540.2	406.8	161.2	56.5	6.0	
2011	20.0	11.2	5.1	27.4	147.0	263.7	195.6	214.9	149.9	232.1	45.1	52.8	
2012	69.5	28.2	4.5	44.6	250.7	313.4	92.1	104.1	78.6	156.7	29.1	44.2	
2013	55.1	10.1	2.5	2.1	165.4	279.0	110.6	103.5	289.1	167.7	103.4	81.2	
2014	44.1	13.4	2.7	0.3	31.3	111.0	47.0	169.4	75.2	424.2	91.3	17.7	
2015	43.8	24.0	20.3	26.0	32.8	189.2	108.3	69.3	87.0	256.1	91.4	23.1	
2016	3.8	13.5	1.4	11.5	57.8	91.5	202.5	143.6	85.3	216.4	69.8	89.8	
2017	22.5	32.0	47.0	97.2	269.4	174.3	180.3	121.5	280.8	318.5	30.6	148.1	
2018	22.6	52.7	4.2	7.5	275.9	17.8	35.0	104.9	90.5	417.0	39.8	56.8	
2019	10.6	5.1	1.7	28.8	246.3	96.4	78.1	45.0	119.0	229.1	106.7	10.1	
2020	<b>98.0</b>	<b>28.0</b>	<b>22.0</b>	<b>4.0</b>	<b>318.0</b>	<b>307.0</b>	<b>148.0</b>	<b>230.0</b>	<b>219.0</b>	<b>377.0</b>	<b>488.0</b>	<b>37.0</b>	

**Anexo 2.** Resultados de propiedades físicas del suelo

Uso	Id	CC (%)	PMP (%)	Da (g/ cm <sup>3</sup> )	% arena	% Limo	% arcilla	Textura
Bosque	9Y	24.99	13.51	0.93	36.39	40.68	22.93	Franco
	7Y	24.95	13.48	0.92	42.20	31.34	26.46	Franco
	11Y	24.27	13.12	0.66	43.85	30.54	25.61	Franco Arcilloso
	8Y	19.83	10.72	1.05	49.26	34.04	16.7	Franco
	15Y	29.40	15.89	0.58	28.15	41.85	29.99	Franco Arcilloso
	17Y	26.63	14.4	0.87	37.72	33.93	28.33	Franco Arcilloso
	8B	28.89	15.62	1.04	29.23	41.51	29.25	Franco Arcilloso
	2Y	26.54	14.34	0.58	19.37	64.15	16.48	Franco Limoso
	3B	32.81	17.74	0.63	14.06	55.38	30.56	Franco Arcilloso Limoso
Café con sombra	6B	24.53	13.26	0.7	37.13	40.75	22.12	Franco
	6Y	30.69	16.59	1.03	23.29	46.2	30.5	Franco Arcilloso
	5B	30.37	16.42	0.73	26.01	42.65	31.33	Franco Arcilloso
	1Y	25.32	13.69	0.61	18.78	68.47	12.74	Franco Limoso
	2B	28.09	15.18	0.75	23.87	52.49	23.64	Franco Limoso
	1B	33.8	18.27	0.79	11.22	57.25	31.52	Franco Arcilloso Limoso
Cultivo anual	12Y	24.34	13.15	1.07	41.48	34.19	24.32	Franco
	4B	30.68	16.58	0.9	24.71	43.92	31.36	Franco Arcilloso
	7B	32.27	17.44	1.25	23.15	42.02	34.8	Franco Arcilloso
	19Y	29.17	15.77	0.7	31.47	37.11	31.42	Franco Arcilloso
	4Y	25.96	14.03	0.59	21.78	61.83	16.39	Franco Limoso
Pasto	16Y	25.35	13.7	1.16	35.75	40.73	23.51	Franco
	18Y	31.88	17.24	1.11	24.86	40.34	34.8	Franco
	10B	17.19	9.29	1.42	57.12	28.53	14.34	Franco Arenoso
	10Y	28.74	15.54	0.87	29.71	40.07	29.58	Franco Arcilloso
	14Y	31.38	16.96	0.98	23.19	44.46	32.35	Franco Arcilloso
	20Y	26.97	14.58	1.06	37.88	32.75	29.37	Franco Arcilloso
	3Y	23.5	12.71	0.64	20.69	70.4	8.9	Franco Limoso
	13Y	34.26	18.52	1.01	16.98	46.58	36.44	Franco Arcilloso Limoso
	5Y	33.73	18.23	0.88	18.02	46.38	35.6	Franco Arcilloso Limoso
	9B	34.25	18.51	1.21	12.78	53.47	33.75	Franco Arcilloso Limoso

\*\*Id: identificación de los puntos analizados, CC= capacidad de campo, PMP= punto de marchitez permanente, Da= densidad aparente. Fuente: Elaboración propia.

### Anexo 3. Hojas de cálculo de balance hídrico de suelo

BALANCE HIDRICO DE SUELO P1														
Zona de estudio	Yakalwas													
Uso	Café con sombra													
Textura del suelo	Franco limoso													
Fc (mm/día)	142													
Kp	0.06	CC	25.32	154	Ecuación 8 y 9									
Kv	0.19	PMP	13.69	84	Ecuación 8 y 9									
Kfc	0.58	Ec.2	CC-PMP	11.63	71									
C	1	0.828	Ec.3											
DA(gr/m <sup>3</sup> )	0.61													
Prof radicular(mm)	1000													
Hsi(mm)	Valor CC al iniciar	154												
Coefficiente de retención(Cfo)	Bosque	0.20												
	Otra cobertura	0.12												
Mes de inicio	Septiembre													
Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	0.83	
Pi(mm)	Ec.4	44	19	18	24	106	170	158	152	145	149	75	50	1110
Esc(mm)	Ec.5	9	4	4	5	22	35	33	32	30	31	16	10	230
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	138	138	109	128	151	154	154	154	154	154	154	154	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	66	808
HD(mm)	Ec.13	99	74	44	68	174	241	229	223	216	220	146	121	154
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	66	808
HF <sub>s</sub> (mm)	EC.15	138	109	128	151	154	154	154	154	154	154	154	138	
Rp(mm)	Ec.17	0	0	0	0	36	53	79	33	26	43	32	0	301.71
DCC(mm)	Ec.18	16	45	27	3	0	0	0	0	0	0	0	16	
NR(mm)	Ec.19	60	94	156	141	67	0	34	0	0	0	43	33	

<sup>1</sup> Fc=Capacidad de infiltración; Ci=Coeficiente de infiltración; CC=Capacidad de campo, PMP=Punto de marchitez; PR=Profundidad de raíces; (CC-PMP)=Rango de agua disponible; DS=Densidad de suelo; C1=Factor de ETP, por cierre de estomas, antes que ocurra ETR; C2=Factor de ETP, por cierre de estomas, después que ocurre ETR; Kp=Factor por pendiente; Kv=Factor por vegetación; Kfc=Factor estimado con base a la prueba de infiltración; Cfo=Coeficiente de retención pluvial en follajes; P=Precipitación media mensual; Pi=Precipitación que infiltra; ESC=Escorrentía superficial; ETP=Evapotranspiración potencial; ETR=Evapotranspiración real; HSi=Humedad de suelo inicial; HD=Humedad disponible; HSf=Humedad de suelo final; DCC=Déficit de capacidad de campo, Rp=Recarga potencial; NR=Necesidad de riego; Ret=Retención de lluvia.

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P2**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Uso</b>	Bosque latifoliado ralo			
<b>Textura del suelo</b>	Franco limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	303		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	26.54	231 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	14.34	125 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.76 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	12.2	106
<b>C</b>	1	1.016 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.58			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	Valor CC al iniciar		<b>231</b>	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	Bosque		<b>0.20</b>	
	Otra cobertura		<b>0.12</b>	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	53	23	22	29	128	205	191	184	175	180	90	60	1340
Esc(mm)	Ec.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	225	231	206	228	188	231	231	231	231	231	231	231	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HD(mm)	Ec.13	153	130	103	132	191	311	297	290	281	286	197	167	211
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HF(mm)	Ec.15	231	206	228	188	231	231	231	231	231	231	231	231	
<b>Rp(mm)</b>	<b>Ec.17</b>	3	0	0	0	18	88	112	65	56	73	4	0	419.68
DCC(mm)	<b>Ec.18</b>	0	25	3	43	0	0	0	0	0	0	0	6	
NR(mm)	<b>Ec.19</b>	44	73	131	112	67	0	34	0	0	0	0	22	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P3**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Uso</b>	Pasto			
<b>Textura del suelo</b>	Franco limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	65		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	23.5	120 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	12.71	65 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.38 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	10.79	55
<b>C</b>	1	0.590 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.64			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	Valor CC al iniciar		120	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	Bosque		0.20	
	Otra cobertura		0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	
Pi(mm)	Ec.4	34	14	13	18	83	133	124	119	113	117	59	39	867
Esc(mm)	Ec.5	24	10	9	13	58	92	86	83	79	81	41	27	603
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	120	111	77	90	108	120	120	120	120	120	120	120	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HD(mm)	Ec.13	90	60	25	43	126	188	179	175	169	172	114	94	120
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HF(mm)	Ec.15	111	77	90	108	120	120	120	120	120	120	120	120	
<b>Rp(mm)</b>	<b>Ec.17</b>	0	0	0	0	4	16	45	0	54	10	15	14	160.03
DCC(mm)	<b>Ec.18</b>	10	44	30	12	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	<b>Ec.19</b>	54	92	159	150	67	0	34	0	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P4**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Uso</b>	Cultivo anual			
<b>Textura del suelo</b>	Franco limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	69	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	25.96	69 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.10	<b>PMP</b>	14.03	37 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.40 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	11.93	32
<b>C</b>	1	0.558 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.59			
<b>Prof radicular(mm)</b>	450			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	69		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	0.56	
Pi(mm)	Ec.4	32	14	13	17	79	126	117	113	107	110	56	37	820
Esc(mm)	Ec.5	26	11	10	14	62	100	93	89	85	87	44	29	650
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	69	57	37	50	67	69	69	69	69	69	69	69	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	59	59	106	43	25	648
HD(mm)	Ec.13	64	34	13	30	108	157	149	145	139	142	87	69	95
ETR(mm)	Ec.14	44	34	0	0	67	117	78	59	59	106	43	25	633
HF(mm)	Ec.15	57	37	50	67	69	69	69	69	69	69	69	69	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>9</b>	<b>39</b>	<b>53</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>12</b>	<b>12</b>	<b>186.94</b>
DCC(mm)	Ec.18	11	32	19	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	55	95	148	140	67	0	34	59	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P5**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Uso</b>	Pasto			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcillo limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	44	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	33.73	237 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	18.23	128 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.28 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	15.5	109
<b>C</b>	1	0.490 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.88			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	237		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	0.49	
Pi(mm)	Ec.4	28	12	11	15	69	111	103	99	94	97	49	33	721
Esc(mm)	Ec.5	30	12	12	16	72	115	107	103	98	101	51	34	749
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	237	222	234	181	196	198	237	237	237	237	237	237	
C1	Ec.10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	64	0	67	58	78	59	59	53	43	25	552
HD(mm)	Ec.13	138	106	117	68	136	180	212	208	203	206	158	142	156
ETR(mm)	Ec.14	44	0	64	0	67	58	78	59	59	53	43	25	552
HF(mm)	Ec.15	222	234	181	196	198	237	237	237	237	237	237	237	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>35</b>	<b>44</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>168.45</b>
DCC(mm)	Ec.18	15	3	57	42	40	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	59	100	121	180	107	58	34	59	59	53	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P6**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas		
<b>Fecha</b>	Café con sombra		
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso		
<b>Fc (mm/día)</b>	119	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	30.69 316 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.19	<b>PMP</b>	16.59 171 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.54 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	14.1 145
<b>C</b>	1 0.785 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.03		
<b>Prof radicular(mm)</b>	1000		
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	316	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20	
	<b>Otra cobertura</b>	0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	0.79	
Pi(mm)	Ec.4	41	18	17	23	100	161	150	144	137	141	71	47	1052
Esc(mm)	Ec.5	11	5	5	6	27	44	41	39	38	39	19	13	288
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	316	314	284	301	255	288	316	316	316	316	316	316	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HD(mm)	Ec.13	187	161	130	153	184	278	295	290	283	286	216	193	221
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HF(mm)	Ec.15	314	284	301	255	288	316	316	316	316	316	316	316	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>71</b>	<b>25</b>	<b>19</b>	<b>35</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>216.56</b>
DCC(mm)	Ec.18	2	32	15	61	28	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	46	81	144	131	95	0	34	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P7**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas		
<b>Fecha</b>	Bosque		
<b>Textura del suelo</b>	Franco		
<b>Fc (mm/día)</b>	109	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	24.95 344 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	13.48 186 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.51 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	11.47 158
<b>C</b>	1 0.77 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.92		
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500		
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	344	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20	
	<b>Otra cobertura</b>	0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	
Pi(mm)	Ec.4	41	18	17	22	99	158	147	142	135	139	70	47	1034
Esc(mm)	Ec.5	12	5	5	7	29	47	43	42	40	41	21	14	306
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	344	341	311	328	281	313	344	344	344	344	344	344	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HD(mm)	Ec.13	199	173	142	164	194	285	305	300	293	297	228	205	232
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HF(mm)	Ec.15	341	311	328	281	313	344	344	344	344	344	344	344	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>69</b>	<b>23</b>	<b>16</b>	<b>33</b>	<b>27</b>	<b>22</b>	<b>198.67</b>
DCC(mm)	Ec.18	3	33	16	63	32	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	47	82	145	132	99	0	34	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Bosque ralo secundario			
<b>Textura del suelo</b>	Franco			
<b>Fc (mm/día)</b>	68	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	19.83	312 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	10.72	169 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.39 Ec.2	<b>CC-PM</b>	9.11	143
<b>C</b>	1	0.653 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.05			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	312		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

<b>Mes de inicio</b>		Septiembre												
<b>Variables</b>	<b>Ecu</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	0.65	
Pi(mm)	Ec.4	34	15	14	19	84	134	124	120	114	117	59	39	875
Esc(mm)	Ec.5	18	8	8	10	44	71	66	64	61	62	31	21	465
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	312	303	270	284	303	312	312	312	312	312	312	312	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HD(mm)	Ec.13	178	149	116	134	218	277	268	264	258	261	203	183	209
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HF(mm)	Ec.15	303	270	284	303	312	312	312	312	312	312	312	312	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>17</b>	<b>46</b>	<b>1</b>	<b>55</b>	<b>11</b>	<b>16</b>	<b>15</b>	<b>167.36</b>
DCC(mm)	Ec.18	9	42	28	9	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	53	91	157	147	67	0	34	0	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P9**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Bosque ralo secundario			
<b>Textura del suelo</b>	Franco			
<b>Fc (mm/día)</b>	330	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	24.99	349 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	13.51	188 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.77 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	11.48	160
<b>C</b>	1	1.035 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.93			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	<b>349</b>		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	<b>0.20</b>		
	<b>Otra cobertura</b>	<b>0.12</b>		

<b>Mes de inicio</b>		Septiembre												
<b>Variables</b>	<b>Ecu</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>	<b>Total</b>
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	53	23	22	29	128	205	191	184	175	180	90	60	1340
Esc(mm)	Ec.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	343	349	324	346	306	349	349	349	349	349	349	349	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HD(mm)	Ec.13	207	184	157	186	245	365	351	344	335	340	251	221	265
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HF(mm)	Ec.15	349	324	346	306	349	349	349	349	349	349	349	349	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>112</b>	<b>65</b>	<b>56</b>	<b>73</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>419.68</b>
DCC(mm)	Ec.18	0	25	3	43	0	0	0	0	0	0	0	6	
NR(mm)	Ec.19	44	73	131	112	67	0	34	0	0	0	0	22	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P10**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Pasto con árboles dispersos			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	215		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	28.74	200 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	15.54	108 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.68 Ec.2	<b>CC-PM</b>	13.2	92
<b>C</b>	1	0.888 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.87			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	<b>200</b>		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	<b>0.20</b>		
	<b>Otra cobertura</b>	<b>0.12</b>		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89
Pi(mm)	Ec.4	52	22	20	27	125	200	186	180	171	175	88	59	1306
Esc(mm)	Ec.5	7	3	3	3	16	25	23	23	22	22	11	7	164
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	193	200	173	193	152	200	200	200	200	200	200	200	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HD(mm)	Ec.13	136	113	85	113	169	292	278	272	263	267	180	151	193
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HF(mm)	Ec.15	200	173	193	152	200	200	200	200	200	200	200	193	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>83</b>	<b>108</b>	<b>61</b>	<b>52</b>	<b>69</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>385.40</b>
DCC(mm)	Ec.18	0	27	7	48	0	0	0	0	0	0	0	7	
NR(mm)	Ec.19	44	75	135	117	67	0	34	0	0	0	0	24	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P11**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Bosque ralo (cerca del río)			
<b>Textura del suelo</b>	Franco			
<b>Fc (mm/día)</b>	1054		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	24.27	240 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	13.12	130 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.97 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	11.15	110
<b>C</b>	1	1.233 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.66			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	<b>240</b>		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	<b>0.20</b>		
	<b>Otra cobertura</b>	<b>0.12</b>		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	53	23	22	29	128	205	191	184	175	180	90	60	1340
Esc(mm)	Ec.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	234	240	215	238	197	240	240	240	240	240	240	240	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HD(mm)	Ec.13	157	134	108	136	195	315	301	294	285	290	201	171	216
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HF(mm)	Ec.15	240	215	238	197	240	240	240	240	240	240	240	234	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>3</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>18</b>	<b>88</b>	<b>112</b>	<b>65</b>	<b>56</b>	<b>73</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>419.68</b>
DCC(mm)	Ec.18	0	25	3	43	0	0	0	0	0	0	0	6	
NR(mm)	Ec.19	44	73	131	112	67	0	34	0	0	0	0	22	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P12**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Cultivo anual (maíz)			
<b>Textura del suelo</b>	Franco			
<b>Fc (mm/día)</b>	148	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	24.34	117 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.10	<b>PMP</b>	13.15	63 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.59 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	11.19	54
<b>C</b>	1	0.748 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.07			
<b>Prof radicular(mm)</b>	450			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	117		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	0.75	
Pi(mm)	Ec.4	43	18	17	23	105	169	157	151	144	148	74	50	1099
Esc(mm)	Ec.5	15	6	6	8	35	57	53	51	48	50	25	17	371
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	101	100	70	87	110	117	117	117	117	117	117	117	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	66	808
HD(mm)	Ec.13	81	55	24	47	152	222	211	205	198	202	128	104	136
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	66	808
HF(mm)	Ec.15	100	70	87	110	117	117	117	117	117	117	117	101	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>31</b>	<b>52</b>	<b>78</b>	<b>32</b>	<b>25</b>	<b>42</b>	<b>31</b>	<b>0</b>	<b>291.42</b>
DCC(mm)	Ec.18	17	47	30	7	0	0	0	0	0	0	0	17	
NR(mm)	Ec.19	61	95	159	145	67	0	34	0	0	0	43	33	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P13**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Pasto (potrero)			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	84	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	34.26	277 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	18.52	150 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.45 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	15.74	127
<b>C</b>	1	0.66 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.01			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	277		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	0.66	
Pi(mm)	Ec.4	38	16	15	20	92	148	137	133	126	130	65	44	964
Esc(mm)	Ec.5	20	8	8	11	48	78	72	70	66	68	34	23	506
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	277	271	239	254	274	277	277	277	277	277	277	277	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	25	766
HD(mm)	Ec.13	165	137	104	124	216	275	265	260	253	257	192	171	202
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	119	106	43	25	766
HF(mm)	Ec.15	271	239	254	274	277	277	277	277	277	277	277	277	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>22</b>	<b>31</b>	<b>59</b>	<b>14</b>	<b>8</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>19</b>	<b>197.64</b>
DCC(mm)	Ec.18	6	38	23	3	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	50	86	152	141	67	0	34	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P14**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Pasto			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	117		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	31.38	246 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	16.96	133 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.53 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	14.42	113
<b>C</b>	1	0.74 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.98			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	246		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	
Pi(mm)	Ec.4	43	18	17	23	104	167	155	150	142	146	74	49	1088
Esc(mm)	Ec.5	15	6	6	8	37	59	55	53	50	51	26	17	382
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	246	245	215	232	185	222	246	246	246	246	246	246	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HD(mm)	Ec.13	156	130	99	121	156	256	268	263	255	259	187	162	193
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HF(mm)	Ec.15	245	215	232	185	222	246	246	246	246	246	246	246	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>77</b>	<b>31</b>	<b>24</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>252.06</b>
DCC(mm)	Ec.18	1	31	14	61	24	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	45	80	143	130	91	0	34	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P15**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Bosque de galería			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	217		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	29.4	256 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	15.89	138 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.68 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	13.51	118
<b>C</b>	1	0.940 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.58			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	256		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

Datos de precipitación :  
Período: 2000-2020

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	0.94	
Pi(mm)	Ec.4	50	22	21	27	120	193	179	173	164	169	85	57	1259
Esc(mm)	Ec.5	3	1	1	2	8	12	11	11	11	11	5	4	81
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	246	252	226	247	205	256	256	256	256	256	256	256	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	66	877
HD(mm)	Ec.13	158	136	108	135	186	310	297	290	282	286	203	174	214
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	66	877
HF(mm)	Ec.15	252	226	247	205	256	256	256	256	256	256	256	246	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>76</b>	<b>101</b>	<b>54</b>	<b>46</b>	<b>63</b>	<b>42</b>	<b>0</b>	<b>382.11</b>
DCC(mm)	Ec.18	4	30	9	51	0	0	0	0	0	0	0	9	
NR(mm)	Ec.19	48	78	138	120	67	0	34	0	0	0	43	26	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P16**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas	
<b>Fecha</b>	Pasto	
<b>Textura del suelo</b>	Franco	
<b>Fc (mm/día)</b>	69	<b>% mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b> 25.85 240 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b> 13.7 127 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.40 Ec.2	<b>CC-PMP</b> 12.15 113
<b>C</b>	1 0.607 Ec.3	
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.16	
<b>Prof radicular(mm)</b>	800	
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	<b>240</b>
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	<b>0.20</b>
	<b>Otra cobertura</b>	<b>0.12</b>

Datos de precipitación :  
Período: 2000-2020

Mes de inicio		Septiembre												
Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	0.61	
Pi(mm)	Ec.4	35	15	14	19	85	137	127	123	117	120	60	40	893
Esc(mm)	Ec.5	23	10	9	12	55	89	82	79	75	78	39	26	577
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	240	231	198	212	230	240	240	240	240	240	240	240	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HD(mm)	Ec.13	148	119	84	103	189	250	240	236	230	233	173	153	180
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HF(mm)	Ec.15	231	198	212	230	240	240	240	240	240	240	240	240	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>9</b>	<b>20</b>	<b>49</b>	<b>4</b>	<b>58</b>	<b>14</b>	<b>17</b>	<b>16</b>	<b>185.72</b>
DCC(mm)	Ec.18	9	42	28	10	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	53	90	157	148	67	0	34	0	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P17**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas	
<b>Fecha</b>	Bosque	
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso	
<b>Fc (mm/día)</b>	210	<b>% mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b> 26.63 348 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b> 14.4 188 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.67 Ec.2	<b>CC-PMP</b> 12.23 160
<b>C</b>	1 0.933 Ec.3	
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.87	
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500	
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	<b>348</b>
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	<b>0.20</b>
	<b>Otra cobertura</b>	<b>0.12</b>

Mes de inicio		Septiembre												
Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	13	6	6	7	32	51	48	46	44	45	23	15	335
C	Ec.3	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	0.93	
Pi(mm)	Ec.4	49	22	21	27	119	191	178	172	163	168	84	56	1250
Esc(mm)	Ec.5	4	2	1	2	9	14	13	12	12	12	6	4	90
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	338	343	317	337	295	347	348	348	348	348	348	348	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	66	877
HD(mm)	Ec.13	199	177	149	176	226	350	337	331	323	327	244	216	255
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	66	877
HF(mm)	Ec.15	343	317	337	295	347	348	348	348	348	348	348	338	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>74</b>	<b>99</b>	<b>53</b>	<b>44</b>	<b>61</b>	<b>41</b>	<b>0</b>	<b>372.63</b>
DCC(mm)	Ec.18	4	31	10	53	0	0	0	0	0	0	0	10	
NR(mm)	Ec.19	48	79	139	122	68	0	34	0	0	0	43	26	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P18**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Pasto			
<b>Textura del suelo</b>	Franco			
<b>Fc (mm/día)</b>	65	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	31.88	283 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	17.24	153 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.38 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	14.64	130
<b>C</b>	1	0.590 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.11			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	283		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	0.59	
Pi(mm)	Ec.4	34	14	13	18	83	133	124	119	113	116	59	39	867
Esc(mm)	Ec.5	24	10	9	13	58	93	86	83	79	81	41	27	603
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	283	273	239	253	271	283	283	283	283	283	283	283	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HD(mm)	Ec.13	164	135	100	118	201	263	254	249	243	246	189	169	194
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	78	119	59	106	43	25	707
HF(mm)	Ec.15	273	239	253	271	283	283	283	283	283	283	283	283	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>16</b>	<b>45</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>10</b>	<b>15</b>	<b>14</b>	<b>159.48</b>
DCC(mm)	Ec.18	10	44	30	12	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	54	92	159	150	67	0	34	0	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P19**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas			
<b>Fecha</b>	Cultivo anual (frijoles)			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	246	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	29.17	92 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.10	<b>PMP</b>	15.77	50 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.71 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	13.4	42
<b>C</b>	1	0.869 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.7			
<b>Prof radicular(mm)</b>	450			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	92		
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20		
	<b>Otra cobertura</b>	0.12		

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	0.87	
Pi(mm)	Ec.4	51	21	20	27	122	196	182	176	167	172	86	58	1278
Esc(mm)	Ec.5	8	3	3	4	18	30	27	26	25	26	13	9	192
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	83	90	63	83	50	92	92	92	92	92	92	92	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	86	66	920
HD(mm)	Ec.13	84	62	33	60	122	238	224	218	209	214	129	100	141
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	60	67	117	78	119	119	106	86	66	911
HF(mm)	Ec.15	90	63	83	50	92	92	92	92	92	92	92	83	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>13</b>	<b>79</b>	<b>104</b>	<b>57</b>	<b>49</b>	<b>66</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>366.75</b>
DCC(mm)	Ec.18	2	29	9	42	0	0	0	0	0	0	0	8	
NR(mm)	Ec.19	46	77	138	121	67	0	34	0	0	0	0	25	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P20**

<b>Zona de estudio</b>	Yakalwas		
<b>Fecha</b>	Pasto		
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso		
<b>Fc (mm/día)</b>	115	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	26.97 229 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	14.58 124 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.53 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	12.39 105
<b>C</b>	1 0.735 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.06		
<b>Prof radicular(mm)</b>	800		
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	229	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20	
	<b>Otra cobertura</b>	0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		66	29	28	36	160	256	238	230	219	225	113	76	1675
Ret(mm)	Ec.1	8	5	5	5	19	31	29	28	26	27	14	9	205
C	Ec.3	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	0.74	
Pi(mm)	Ec.4	43	18	17	23	103	166	154	149	141	145	73	49	1081
Esc(mm)	Ec.5	15	6	6	8	37	60	55	54	51	52	26	18	389
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	229	228	197	214	167	204	229	229	229	229	229	229	
C1	Ec.10	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HD(mm)	Ec.13	148	122	90	113	147	246	259	254	246	250	178	154	184
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	69	67	117	78	119	119	106	43	25	836
HF(mm)	Ec.15	228	197	214	167	204	229	229	229	229	229	229	229	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>24</b>	<b>76</b>	<b>30</b>	<b>23</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>245.55</b>
DCC(mm)	Ec.18	1	32	15	61	25	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	45	80	144	130	92	0	34	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P1**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos		
<b>Uso</b>	Café con sombra		
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso limoso		
<b>Fc (mm/día)</b>	52	<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	33.8 267.02 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.19	<b>PMP</b>	18.27 144.33 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.32 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	15.53 122.69
<b>C</b>	0.57 Ec.3		
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.79		
<b>Prof radicular(mm)</b>	1000		
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	267.02	
<b>Coefficiente de retención(Cfo)</b>	<b>Bosque</b>	0.20	
	<b>Otra cobertura</b>	0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	20	9	8	12	74	99	89	96	97	99	43	23	668
Esc(mm)	Ec.5	15	7	6	9	55	74	67	72	72	74	32	17	500
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	265	241	250	258	201	208	248	267	267	267	267	267	
C1	Ec.10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	0	69	67	58	56	59	59	53	43	25	535
HD(mm)	Ec.13	141	105	114	126	130	163	193	218	219	221	166	145	162
ETR(mm)	Ec.14	44	0	0	69	67	58	56	59	59	53	43	25	535
HF(mm)	Ec.15	241	250	258	201	208	248	267	267	267	267	267	265	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>14</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>46</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>134</b>
DCC(mm)	Ec.18	26	17	9	66	59	19	0	0	0	0	0	2	
NR(mm)	Ec.19	70	114	138	135	127	77	56	59	59	53	43	60	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P2**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos			
<b>Uso</b>	Café con sombra			
<b>Textura del suelo</b>	Franco limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	75		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	28.09	210.68 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.19	<b>PMP</b>	15.18	113.85 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.42 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	12.91	96.83
<b>C</b>	0.67 Ec.3			
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.75			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1000			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	210.68		
<b>Coefficiente de retención Bosque</b>	<b>Otra cobert</b>	0.20		
		0.12		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	23	10	10	14	86	116	104	112	113	116	50	27	783
Esc(mm)	Ec.5	12	5	5	7	43	57	51	55	56	57	25	13	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	211	190	201	210	155	174	211	211	211	211	211	211	
C1	Ec.10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	0	69	67	58	78	59	59	106	43	25	610
HD(mm)	Ec.13	120	87	96	111	128	177	201	209	210	212	147	124	152
ETR(mm)	Ec.14	44	0	0	69	67	58	78	59	59	106	43	25	610
HF(s)(mm)	EC.15	190	201	210	155	174	211	211	211	211	211	211	211	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>53</b>	<b>54</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>173</b>
DCC(mm)	Ec.18	20	10	0	55	36	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	64	107	129	124	104	58	34	59	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P3**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos			
<b>Uso</b>	Bosque			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	142		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	32.81	310.05 ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.20	<b>PMP</b>	17.74	167.64 ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.58 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	15.07	142.41
<b>C</b>	0.84 Ec.3			
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.63			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1500			
<b>Hsi(mm)</b>	<b>Valor CC al iniciar</b>	310.05		
<b>Coefficiente de retención Bosque</b>	<b>Otra cobert</b>	0.20		
		0.12		

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	29	13	12	18	108	145	130	140	141	144	63	34	979
Esc(mm)	Ec.5	6	3	2	3	21	28	25	27	27	28	12	7	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	310	295	308	256	274	310	310	310	310	310	310	310	
C1	Ec.10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	64	0	67	117	112	119	119	106	43	25	816
HD(mm)	Ec.13	172	141	153	106	214	288	273	283	284	287	205	176	215
ETR(mm)	Ec.14	44	0	64	0	67	117	112	119	119	106	43	25	816
HF(s)(mm)	EC.15	295	308	256	274	310	310	310	310	310	310	310	310	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>38</b>	<b>20</b>	<b>9</b>	<b>163</b>
DCC(mm)	Ec.18	15	2	54	36	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	59	98	118	174	67	0	0	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P4**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos			
<b>Uso</b>	Cultivo anual			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	64		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	30.68	124.25 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.10	<b>PMP</b>	16.58	67.15 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.38 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	14.1	57.11
<b>C</b>	0.54 Ec.3			
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.9			
<b>Prof radicular(mm)</b>	450			
<b>Hsi(mm)</b>	Valor CC al iniciar		124.25	
<b>Coficiente de retención Bosque</b>			0.20	
	<b>Otra cobertur</b>		0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	5	5	5	5	19	26	23	25	25	26	11	6	
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	21	8	8	11	76	103	92	99	100	102	45	24	691
Esc(mm)	Ec.5	18	7	7	10	65	88	79	85	86	87	38	20	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	123	100	108	116	67	76	121	124	124	124	124	124	
C1	Ec.10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	0	69	67	58	56	59	59	53	43	25	535
HD(mm)	Ec.13	77	41	49	61	76	112	146	156	157	159	102	81	102
ETR(mm)	Ec.14	44	0	0	61	67	58	56	59	59	53	43	25	526
HF(mm)	Ec.15	100	108	116	67	76	121	124	124	124	124	124	123	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>33</b>	<b>40</b>	<b>41</b>	<b>49</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>165</b>
DCC(mm)	Ec.18	24	16	8	57	48	3	0	0	0	0	0	1	
NR(mm)	Ec.19	68	112	137	135	115	62	56	59	59	53	43	59	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P5**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos			
<b>Uso</b>	Café con sombra			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso limoso			
<b>Fc (mm/día)</b>	286		<b>%</b>	<b>mm</b>
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	30.37	221.70 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.19	<b>PMP</b>	16.42	119.87 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.74 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	13.95	101.84
<b>C</b>	0.99 Ec.3			
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	0.73			
<b>Prof radicular(mm)</b>	1000			
<b>Hsi(mm)</b>	Valor CC al iniciar		221.70	
<b>Coficiente de retención Bosque</b>			0.20	
	<b>Otra cobert</b>		0.12	

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	
Pi(mm)	Ec.4	35	15	15	21	128	172	155	166	168	171	75	40	1160
Esc(mm)	Ec.5	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	222	213	180	194	215	222	222	222	222	222	222	222	
C1	Ec.10	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	48	0	0	67	117	112	119	119	106	43	25	800
HD(mm)	Ec.13	137	108	74	95	223	274	256	268	270	273	176	142	191
ETR(mm)	Ec.14	44	48	0	0	67	117	112	119	119	106	43	25	800
HF(mm)	Ec.15	213	180	194	215	222	222	222	222	222	222	222	222	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>54</b>	<b>55</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>49</b>	<b>65</b>	<b>31</b>	<b>15</b>	<b>360</b>
DCC(mm)	Ec.18	9	42	28	7	0	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	53	90	156	145	67	0	0	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P6**

**Zona de estudio** Los Bravos  
**Uso** Café con sombra  
**Textura del suelo** Franco  
**Fc (mm/día)** 128  
**Kp** 0.06 **CC** 24.53 171.71 Ecuación 8 y 9  
**Kv** 0.10 **PMP** 13.26 92.82 Ecuación 8 y 9  
**Kfc** 0.55 Ec.2 **CC-PMP** 11.27 78.89  
**C** 0.71 Ec.3

**DA(gr/m<sup>3</sup>)** 0.7  
**Prof radicular(mm)** 1000  
**Hsi(mm) Valor CC al iniciar** 171.71  
**Coefficiente de retención Bosque** 0.20  
**Otra cobert** 0.12

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	25	11	10	15	92	124	111	119	120	123	54	29	832
Esc(mm)	Ec.5	10	4	4	6	37	50	45	48	49	50	22	12	
<b>ETP(mm)</b>	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	172	153	164	110	125	149	172	172	172	172	172	172	
C1	Ec.10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	64	0	67	58	56	119	119	106	43	25	702
HD(mm)	Ec.13	104	71	81	32	124	180	190	198	199	202	132	108	135
ETR(mm)	Ec.14	44	0	64	0	67	58	56	119	119	106	43	25	702
HF(mm)	Ec.15	153	164	110	125	149	172	172	172	172	172	172	172	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>43</b>	<b>55</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>17</b>	<b>10</b>	<b>4</b>	<b>131</b>
DCC(mm)	Ec.18	19	8	62	47	23	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	63	105	126	185	90	58	56	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P7**

**Zona de estudio** Los Bravos  
**Uso** Cultivo anual  
**Textura del suelo** Franco arcilloso  
**Fc (mm/día)** 151  
**Kp** 0.06 **CC** 32.27 181.52 Ecuación 8 y 9  
**Kv** 0.10 **PMP** 17.44 98.10 Ecuación 8 y 9  
**Kfc** 0.59 Ec.2 **CC-PMP** 14.83 83.42  
**C** 0.75 Ec.3

**DA(gr/m<sup>3</sup>)** 1.25  
**Prof radicular(mm)** 450  
**Hsi(mm) Valor CC al iniciar** 181.52  
**Coefficiente de retención Bosque** 0.20  
**Otra cobert** 0.12

**Mes de inicio** Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	5	5	5	5	19	26	23	25	25	26	11	6	183
C	Ec.3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Pi(mm)	Ec.4	29	12	11	16	107	144	129	139	140	143	62	33	964
Esc(mm)	Ec.5	10	4	4	5	35	47	42	46	46	47	20	11	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	182	167	178	125	141	180	182	182	182	182	182	182	
C1	Ec.10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	64	0	67	117	112	119	119	106	43	25	816
HD(mm)	Ec.13	112	80	91	43	149	226	212	222	223	226	146	117	154
ETR(mm)	Ec.14	44	0	64	0	67	117	112	119	119	106	43	25	816
HF(mm)	Ec.15	167	178	125	141	180	182	182	182	182	182	182	182	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>26</b>	<b>17</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>37</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>148</b>
DCC(mm)	Ec.18	15	3	57	41	1	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	59	100	121	179	68	0	0	0	0	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P8**

**Zona de estudio** Los Bravos  
**Uso** Bosque  
**Textura del suelo** Franco arcilloso  
**Fc (mm/día)** 77 % mm  
**Kp** 0.06 **CC** 28.89 450.68 Ecuación 8 y 9  
**Kv** 0.20 **PMP** 15.62 243.67 Ecuación 8 y 9  
**Kfc** 0.42 Ec.2 **CC-PMP** 13.27 207.01  
**C** 0.68 Ec.3  
**DA(gr/m<sup>3</sup>)** 1.04  
**Prof radicular(mm)** 1500  
**Hsi(mm) Valor CC al iniciar** 450.68  
**Coefficiente de retención** Bosque 0.20  
**Otra cobert** 0.12

Mes de inicio **Septiembre**

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	9	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	295
C	Ec.3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
Pi(mm)	Ec.4	24	11	10	14	88	119	107	115	116	118	51	28	800
Esc(mm)	Ec.5	11	5	5	7	41	55	49	53	53	54	24	13	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	451	431	441	387	401	422	451	451	451	451	451	451	
C1	Ec.10	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	64	0	67	58	56	59	59	106	43	25	583
HD(mm)	Ec.13	231	198	208	158	246	298	314	322	323	325	258	235	259
ETR(mm)	Ec.14	44	0	64	0	67	58	56	59	59	106	43	25	583
HF(s)(mm)	Ec.15	431	441	387	401	422	451	451	451	451	451	451	451	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>32</b>	<b>51</b>	<b>55</b>	<b>56</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>217</b>
DCC(mm)	Ec.18	20	9	64	49	28	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	64	106	128	188	96	58	56	59	59	0	43	58	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P9**

**Zona de estudio** Los Bravos  
**Uso** Pasto  
**Textura del suelo** Franco arcilloso limoso  
**Fc (mm/día)** 48 % mm  
**Kp** 0.06 **CC** 34.25 **331.54** Ecuación 8 y 9  
**Kv** 0.15 **PMP** 18.51 **179.18** Ecuación 8 y 9  
**Kfc** 0.30 Ec.2 **CC-PMP** 15.74 **152.36**  
**C** 0.51 Ec.3  
**DA(gr/m<sup>3</sup>)** 1.21  
**Prof radicular(mm)** 800  
**Hsi(mm) Valor CC al iniciar** 331.54  
**Coefficiente de retención** Bosque 0.20  
**Otra cobertur** 0.12

Mes de inicio **Septiembre**

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	5	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	291
C	Ec.3	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51	
Pi(mm)	Ec.4	20	8	8	11	66	89	80	86	87	89	39	21	602
Esc(mm)	Ec.5	19	7	7	10	63	84	76	81	82	84	37	20	
ETP(mm)	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	323	299	307	314	325	324	332	332	332	332	332	327	
C1	Ec.10	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	0	0	67	58	56	59	59	53	43	25	465
HD(mm)	Ec.13	163	127	135	146	212	234	232	238	239	241	191	168	194
ETR(mm)	Ec.14	44	0	0	0	67	58	56	59	59	53	43	25	465
HF(s)(mm)	Ec.15	299	307	314	325	324	332	332	332	332	332	327	323	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>36</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>137</b>
DCC(mm)	Ec.18	33	25	17	7	8	0	0	0	0	0	5	9	
NR(mm)	Ec.19	77	122	146	145	75	58	56	59	59	53	48	67	

**BALANCE HIDRICO DE SUELO P10**

<b>Zona de estudio</b>	Los Bravos			
<b>Uso</b>	Pasto			
<b>Textura del suelo</b>	Franco arcilloso			
<b>Fc (mm/día)</b>	77	<b>%</b>	<b>mm</b>	
<b>Kp</b>	0.06	<b>CC</b>	17.19	195.28 Ecuación 8 y 9
<b>Kv</b>	0.15	<b>PMP</b>	9.29	105.53 Ecuación 8 y 9
<b>Kfc</b>	0.43 Ec.2	<b>CC-PMP</b>	7.9	89.74
<b>C</b>	0.64 Ec.3			
<b>DA(gr/m<sup>3</sup>)</b>	1.42			
<b>Prof radicular(mm)</b>	800			
<b>Hsi(mm) Valor CC al iniciar</b>	195.28			
<b>Coefficiente de retención Bosque</b>	0.20			
<b>Otra cobertura</b>	0.12			

Mes de inicio Septiembre

Variables	Ecu	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P (mm)		44	20	20	26	161	217	195	209	211	216	94	50	1463
Ret(mm)	Ec.1	5	5	5	5	32	43	39	42	42	43	19	10	291
C	Ec.3	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	0.64	
<b>Pi(mm)</b>	Ec.4	24	10	9	13	82	111	99	107	107	110	48	26	746
Esc(mm)	Ec.5	14	6	5	8	47	63	57	61	61	63	27	15	
<b>ETP(mm)</b>	Ec.7	88	97	129	138	134	117	112	119	119	106	86	83	1328
HSi(mm)	Ec.16	195	176	186	195	139	154	195	195	195	195	195	195	
C1	Ec.10	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
C2	Ec.11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	
ETPR(mm)	Ec.12	44	0	0	69	67	58	56	59	59	106	43	25	588
HD(mm)	Ec.13	114	80	89	103	116	159	189	196	197	200	138	115	141
ETR(mm)	Ec.14	44	0	0	69	67	58	56	59	59	106	43	25	588
HFf(mm)	Ec.15	176	186	195	139	154	195	195	195	195	195	195	195	
<b>Rp(mm)</b>	Ec.17	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11</b>	<b>43</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>1</b>	<b>158</b>
DCC(mm)	Ec.18	19	10	0	56	41	0	0	0	0	0	0	0	
NR(mm)	Ec.19	63	106	129	125	108	58	56	59	59	0	43	58	