


	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						 ISO 9001 SC 7384-1	 GP 205-1	 CERTIFIED IcNet MANAGEMENT SYSTEM CO-SC 7384-1
	CARTA DE AUTORIZACIÓN								
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 2		

Neiva, 28 de agosto de 2016

Señores

CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

Ciudad

El (Los) suscrito(s)

JUAN DANIEL SANCHEZ TORRES , con C.C. No. 1.083.900.024 ,
 FABIAN ARTURO TOVAR TRUJILLO , con C.C. No. 1.081.515.061

Autor(es) de la tesis y/o trabajo de grado Titulado “ZONIFICACION AGROCLIMATICA PARA RIEGO EN EL NORTE DEL HUILA”

Presentado y aprobado en el año 2016 como requisito para optar al título de





Ingeniero Agrícola;

Autorizo (amos) al CENTRO DE INFORMACIÓN Y DOCUMENTACIÓN de la Universidad Surcolombiana para que con fines académicos, muestre al país y el exterior la producción intelectual de la Universidad Surcolombiana, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo de grado en los sitios web que administra la Universidad, en bases de datos, repositorio digital, catálogos y en otros sitios web, redes y sistemas de información nacionales e internacionales “open access” y en las redes de información con las cuales tenga convenio la Institución.

- Permita la consulta, la reproducción y préstamo a los usuarios interesados en el contenido de este trabajo, para todos los usos que tengan finalidad académica, ya sea en formato Cd-Rom o digital desde internet, intranet, etc., y en general para cualquier formato conocido o por conocer, dentro de los términos establecidos en la Ley 23 de 1982, Ley 44 de 1993, Decisión Andina 351 de 1993, Decreto 460 de 1995 y demás normas generales sobre la materia.

- Continúo conservando los correspondientes derechos sin modificación o restricción alguna; puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación del derecho de autor y sus conexos.

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS						  
	CARTA DE AUTORIZACIÓN						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-06	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 2

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables.

FABIAN ARTURO TOVAR TRUJILLO

JUAN DANIEL SANCHEZ TORRES

Firma: Fabian Tovar T.

Firma: _____



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	1 de 3
---------------	---------------------	----------------	----------	-----------------	-------------	---------------	---------------

TÍTULO COMPLETO DEL TRABAJO: “ZONIFICACION AGROCLIMATICA PARA RIEGO EN EL NORTE DEL HUILA”

AUTOR O AUTORES:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
TOVAR TRUJILLO	FABIAN ARTURO
SANCHEZ TORRES	JUAN DANIEL

DIRECTOR Y CODIRECTOR TESIS:

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
TORRENTE TRUJILLO	ARMANDO

ASESOR (ES):

Primero y Segundo Apellido	Primero y Segundo Nombre
PACHÓN BEJARANO	RODRIGO ALBERTO
QUIMBAYA LASSO	FELIPE ANDRES





PARA OPTAR AL TÍTULO DE: Ingeniero Agrícola

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA O POSGRADO: Ingeniería Agrícola

CIUDAD: Neiva **AÑO DE PRESENTACIÓN:** 2016 **NÚMERO DE PÁGINAS:** 53

TIPO DE ILUSTRACIONES (Marcar con una X):

	GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS					  	
	DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO						
CÓDIGO	AP-BIB-FO-07	VERSIÓN	1	VIGENCIA	2014	PÁGINA	2 de 3

Diagramas__ Fotografías__ Grabaciones en discos__ Ilustraciones en general_X_ Grabados__ Láminas____
 Litografías__ Mapas_X__ Música impresa__ Planos__ Retratos__ Sin ilustraciones__ Tablas o Cuadros_X

SOFTWARE requerido y/o especializado para la lectura del documento: Microsoft Word ó Adobe Reader.

MATERIAL ANEXO:

PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o Meritoria):

PALABRAS CLAVES EN ESPAÑOL E INGLÉS:

	<u>Español</u>	<u>Inglés</u>
1.	Requerimiento hídrico	Water requirement
2.	Balance hídrico	Hydric balance
3.	Evapotranspiración	Evapotranspiration
4.	Déficit y exceso de agua	Excess and deficit of water

RESUMEN DEL CONTENIDO: (Máximo 250 palabras)

Con el propósito de determinar la oferta hídrica atmosférica y potencialmente aprovechable por los cultivos con mayor área sembrada en la zona norte del Departamento del Huila para satisfacer las necesidades hídricas básicas, se realizan los balances hídricos y se estiman las áreas con déficit o exceso de agua. Se elaboraron los balances hídricos para el periodo 1980 - 2013, encontrando que en las áreas con altitud inferior a 650 m.n.s.m. ocurre déficit hídrico que alcanza los 400 mm/año; además los cultivos de arroz, café, algodón, cacao, maíz, frijol, caña, cítricos y tabaco presentan déficit hídrico durante la mayor parte del año, siendo indispensable la aplicación oportuna y adecuada de riego, en lámina, frecuencia y duración con el fin de suplir las necesidades hídricas básicas para el normal desarrollo de los cultivos



GESTIÓN SERVICIOS BIBLIOTECARIOS

DESCRIPCIÓN DE LA TESIS Y/O TRABAJOS DE GRADO



CÓDIGO

AP-BIB-FO-07

VERSIÓN

1

VIGENCIA

2014

PÁGINA

3 de 3

ABSTRACT: (Máximo 250 palabras)

In order to determine the atmospheric and potentially usable water supply for crops planted in the most northern part of Huila to meet basic water needs area, water balances are made and areas with deficit or excess water are estimated. Water balances for the period 1980 were produced - 2013, finding that in areas with lower altitude 650 m.a.s.l. occurs water deficit reaches 400 mm / year; besides rice crops, coffee, cotton, cocoa, corn, beans, sugar cane, citrus and snuff have water deficit during most of the year, the timely and proper implementation of irrigation indispensable, sheet , frequency and duration in order to meet basic water needs for normal crop development. when the population increased by 2% to future runoff decreases

APROBACION DE LA TESIS

Nombre Presidente Jurado: Ph. D. Armando Torrente Trujillo

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Rodrigo Pachon Bejarano

Firma:

Nombre Jurado: MSc. Felipe Andres Quimbaya

Firma:

ZONIFICACION AGROCLIMATICA PARA RIEGO EN EL NORTE DEL HUILA

**FABIAN ARTURO TOVAR TRUJILLO
JUAN DANIEL SANCHEZ TORRES**

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2016**

ZONIFICACION AGROCLIMATICA PARA RIEGO EN EL NORTE DEL HUILA

**FABIAN ARTURO TOVAR TRUJILLO
JUAN DANIEL SANCHEZ TORRES**

Trabajo de grado presentado como requisito para optar al título de
INGENIERO AGRÍCOLA

Director
ARMANDO TORRENTE TRUJILLO Ph.D.
Profesor Programa Ingeniería Agrícola

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBAINA
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA AGRICOLA
NEIVA
2016**

Nota de aceptación

Ph. D. Armando Torrente Trujillo.
Director

M. Sc Felipe Andrés Quimbaya Lasso.
Jurado

M. Sc Rodrigo Alberto Pachón Bejarano
Jurado

Neiva, Noviembre de 2015

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de grado en primer lugar a DIOS y a mi familia, mis padres, hermanos y mi abuela por el apoyo incondicional que durante toda mi vida me han brindado y que sin ellos nada de lo que he logrado hasta ahora sería posible, y demás personas que de una forma u otra me brindaron su ayuda para alcanzar este logro.

JUAN DANIEL SANCHEZ TORRES

A Dios.
A mi madre y profesora Ana Elcy,
A mi padre y patrón don Eniceno
A mis hermanos y mi sobrino
(Y) :D (Y).

FABIAN ARTURO TOVAR TRUJILLO

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN.....	8
ABSTRACT	8
1. INTRODUCCION.....	8
2. MARCO CONCEPTUAL	10
2.1. BALANCE HÍDRICO.....	11
2.2. POLIGONOS DE THIESSEN	11
2.3. EVAPOTRANSPIRACION.....	12
3. METODOLOGIA.....	15
3.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA.....	15
3.2 INFORMACION DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO	15
3.3. BALANCE HIDRICO.....	16
3.4 ESTADISTICA.....	16
3.5 INFORMACIÓN DE CULTIVOS	17
3.6 RIEGO	20
4. RESULTADOS	22
4.1. ZONIFICACION EN EL NORTE DEL HUILA	22
4.2. BALANCES HIDRICOS POR ZONAS DEFINIDAS EN EL NORTE DEL HUILA	24
4.3 ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACION POR ZONAS	33
4.4 BALANCES HIDRICOS Y REQUERIMIENTOS DE RIEGO EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL NORTE DEL HUILA	34
5. CONCLUSIONES.....	47
6. RECOMENDACIONES.....	48
7. BIBLIOGRAFIA.....	49
ANEXOS.....	51

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas en el norte del Huila.....	16
Tabla 2. Texturas del suelo en la zona norte del departamento del Huila	17
Tabla 3. Características según las clases texturales de los suelos	17
Tabla 4. Valore de Kc para los cultivos	20
Tabla 5. Estación meteorológica y elemento del clima por zona	24
Tabla 6. Balance hídrico climático Zona 1.....	25
Tabla 7. Balance hídrico climático Zona 2.....	26
Tabla 8. Balance hídrico climático Zona 3.....	27
Tabla 9. Balance hídrico climático Zona 4.....	28
Tabla 10. Balance hídrico climático Zona 5.....	29
Tabla 11. Balance hídrico climático Zona 6.....	30
Tabla 12. Balance hídrico climático Zona 7.....	31
Tabla 13. Analisis estadístico de las estaciones por zonas.....	33
Tabla 14. Balance hídrico mensual multianual para el cultivo de algodón.....	34
Tabla 15. Necesidad de riego para el cultivo de algodón	35
Tabla 16. Balance hídrico mensual multianual para el cultivo de arroz	35
Tabla 17. Necesidad de riego para el cultivo de arroz.....	36
Tabla 18. Balance hídrico mensual multianual cultivo de frijol.....	37
Tabla 19. Necesidad de riego para el cultivo de Frijol.....	37
Tabla 20. Balance hídrico mensual multianual cultivo de maíz	38
Tabla 21. Necesidad de riego para el cultivo de maíz	38
Tabla 22. Balance hídrico mensual multianual cultivo de tabaco	39
Tabla 23. Necesidad de riego para el cultivo de tabaco	40
Tabla 24. Balance hídrico mensual multianual cultivo de cacao.....	41
Tabla 25. Necesidad de riego para el cultivo de cacao	41
Tabla 26. Balance hídrico mensual multianual cultivo de café	41
Tabla 27. Necesidad de riego para el cultivo de café.....	42
Tabla 28. Balance hídrico mensual multianual cultivo de caña	43
Tabla 29. Necesidad de riego para el cultivo de caña panelera	44
Tabla 30. Balance hídrico mensual multianual cultivo de cítricos	44
Tabla 31. Necesidad de riego para el cultivo de cítricos	45
Tabla 32. Resumen comparativo de los cultivos de la zona norte del Huila.....	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representación gráfica de los Polígonos de Thiessen.....	12
Figura 2. Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual	13
Figura 3. Zonificación de la evapotranspiración potencial en el norte del Huila.....	22
Figura 4. Mapa de precipitaciones medias multianuales en el norte del Huila.....	23
Figura 5. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 1	25
Figura 6. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 2.....	26
Figura 7. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 3.....	27
Figura 8. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 4.....	28
Figura 9. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 5.....	29
Figura 10. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 6.....	30
Figura 11. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 7.....	32
Figura 12. Mapa de balances hídricos en la Zona Norte del Departamento del Huila	32

RESUMEN

Con el propósito de determinar la oferta hídrica atmosférica y potencialmente aprovechable por los cultivos con mayor área sembrada en la zona norte del Departamento del Huila para satisfacer las necesidades hídricas básicas, se realizan los balances hídricos y se estiman las áreas con déficit o exceso de agua. Se elaboraron los balances hídricos para el periodo 1980 - 2013, encontrando que en las áreas con altitud inferior a 650 msnm ocurre déficit hídrico que alcanza los 400 mm/año; además los cultivos de arroz, café, algodón, cacao, maíz, frijol, caña, cítricos y tabaco presentan déficit hídrico durante la mayor parte del año, siendo indispensable la aplicación oportuna y adecuada de riego, en lámina, frecuencia y duración con el fin de suplir las necesidades hídricas básicas para el normal desarrollo de los cultivos.

Palabras clave: requerimiento hídrico, balance hídrico, evapotranspiración, déficit y exceso de agua

ABSTRACT

In order to determine the atmospheric and potentially usable water supply for crops planted in the most northern part of Huila to meet basic water needs area, water balances are made and areas with deficit or excess water are estimated. Water balances for the period 1980 - 2013, finding that in areas with lower altitude 650 m. occurs water deficit reaches 400 mm / year; besides rice crops, coffee, cotton, cocoa, corn, beans, sugar cane, citrus and snuff have water deficit during most of the year, the timely and proper implementation of irrigation indispensable, sheet, frequency and duration in order to meet basic water needs for normal crop development.

Keywords: Water Balance, precipitation, evapotranspiration, excess and deficit of water.

1. INTRODUCCION

Colombia ha venido desarrollando diferentes proyectos para adaptarse a los efectos del cambio climático y la variabilidad climática. La mayoría de estos implican el análisis de las vulnerabilidades y/o riesgos, para posteriormente diseñar, priorizar e implementar acciones de adaptación que reduzcan las vulnerabilidades y/o riesgos identificados.

El principal efecto del cambio climático está estrechamente relacionado con el recurso hídrico, en el presente caso se hace referencia a Colombia y en especial al norte del departamento del Huila, donde éste es altamente afectado por la presión que ejercen las poblaciones que demandan de éste vital recurso esencial para las distintas actividades, agravándose cada vez más su disponibilidad en cantidad y calidad, y con mayor incidencia en los últimos años por la recurrencia del cambio climático. Cabe mencionar algunos usos detrimentales del agua como son: la sobreexplotación de acuíferos, el vertimiento de sustancias contaminantes, los conflictos en el uso del suelo tales como la deforestación, las prácticas agrícolas inadecuadas, el incremento de urbanizaciones en zonas de producción hídrica, entre otros.

En ese sentido, es necesario determinar el estado actual de la oferta y la disponibilidad del recurso hídrico, así como la presión por la demanda del mismo, teniendo en cuenta su distribución espacial y temporal, que permita establecer lineamientos a seguir para su protección y control, y que sirva de base a los usuarios del recurso y planificadores, para considerar su uso y disponibilidad en proyectos actuales y futuros.

La economía del norte del departamento del Huila se sustenta básicamente en la producción agrícola y pecuaria, por tal motivo se considera prioritario conocer los balances hídricos mensuales y anuales que permitan estimar tanto los periodos como los volúmenes de déficit o exceso de agua, las principales especies y áreas cultivadas con el propósito de implementar las tecnologías de riego adecuadas para suplir los requerimientos hídricos a través de la estimación de algunos parámetros como son la lámina neta, la frecuencia y el número de riegos a aplicar.

Se procede a realizar la zonificación agroclimática para riego del norte del departamento del Huila sustentados en los registros históricos del IDEAM para el periodo 1980 – 2013, la información de los cultivos y áreas de siembra suministrados por la Secretaria de Agricultura y minería del departamento del Huila, y la información de suelos de la Universidad Surcolombiana, con lo cual se representan los mapas de evapotranspiración y precipitación, como el conocimiento de las cantidades de agua a proveer para cumplir con las campañas agrícolas.

2. MARCO CONCEPTUAL

Existe diversidad de estudios acerca de balances hídricos en Colombia, los cuales sirven de referencia para nuevas investigaciones especialmente en países en desarrollo donde es limitada la información para la estimación de la evapotranspiración y los requerimientos hídricos de los cultivos. Existen investigaciones con muy buenas bases y metodologías como las mencionadas a continuación:

FAO (2006), emprendió una importante investigación bajo auspicio del Comité de Requerimientos de Agua para Riego de la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles (ASCE), el estudio analizó el comportamiento de 20 diversos métodos, usando procedimientos detallados para determinar la validez de los resultados de estos métodos comparados con una base de datos cuidadosamente obtenida de lisímetros en 11 localidades, bajo condiciones climáticas variables. El estudio probó y demostró claramente la amplia variabilidad de resultados de los métodos aplicados bajo diversas condiciones climáticas.

En Latino América se han realizado diversos estudios como el de Troyo *et al.* (2013), en el cual se plantean los diferentes índices de disponibilidad de agua a nivel ambiental, analizando las variaciones de precipitaciones en diferentes áreas, al mismo tiempo que se estimó el proceso de desertificación.

En el departamento del Huila se han realizado diversas investigaciones, es de mencionar a Ramírez (2010) quien determinó y aplicó balances hídricos para el diseño y la construcción de sistemas de riego, Cadena (2007) determinó el modelo básico de requerimientos hídricos para los distritos de riego del norte del Huila, El Juncal, San Alfonso y El Porvenir y estimó los requerimientos hídricos agrícolas en las áreas respectivas, Quimbaya (2011) determinó los requerimientos hídricos en el cultivo de maracuyá mediante la instalación de una estación automatizada y tensiómetros; Gasca y Trujillo (2007) estimaron las demandas hídricas en el cultivo del tabaco en el municipio de Campoalegre mediante la instalación de una estación básica para el balance hídrico y tensiómetros a 10 y 20 cm de profundidad para el seguimiento de la humedad, llevaron lecturas diarias para establecer los balances hídricos y estimaron la evapotranspiración real del cultivo, partiendo de la evapotranspiración potencial calculada por el método del tanque evaporímetro, Giraldo (2015) identificó la ecuación de Penman – Monteith como la más adecuada para determinar la evapotranspiración potencial en el departamento del Huila, el Grupo de Investigación GHIDA (2007) en su investigación “Agricultura y cambio climático en el Huila” determinó el impacto de la variabilidad climática sobre la producción agrícola en aproximadamente 4500 ha localizadas en el norte del Huila específicamente en los distritos de riegos San Alfonso, El Juncal y Porvenir, además de identificar la oferta

climática actual y analizar la influencia del cambio climático sobre las demandas hídricas de los cultivos, su tendencia e impactos para los próximos años.

2.1. BALANCE HÍDRICO

El estudio del balance hídrico en hidrología se basa en la aplicación del principio de conservación de masas, también conocido como ecuación de continuidad. Esta establece que, para cualquier volumen arbitrario y durante cualquier período de tiempo, la diferencia entre las entradas y salidas estará condicionada por la variación del volumen de agua almacenada.

Las técnicas del balance hídrico, uno de los principales objetivos en hidrología, son un medio para solucionar importantes problemas hidrológicos teóricos y prácticos. A partir de un estudio del balance hídrico es posible hacer una evaluación cuantitativa de los recursos de agua y sus modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

El balance hídrico es un balance de agua basado en el principio de que durante un cierto intervalo de tiempo el aporte total a una cuenca o masa de agua debe ser igual a la salida total de agua más la variación neta en el almacenamiento de dicha cuenca o masa de agua.

El balance hídrico se realizará teniendo en cuenta la precipitación, la evapotranspiración, el tipo de cultivo que predomina en la zona de estudio, para este caso es el norte del Departamento del Huila; cabe destacar que dicho balance hídrico se hará teniendo como base el cultivo de referencia (FAO), que es el cultivo de Pasto, además se tendrá en cuenta la diferencia de agua que hay presente en el ambiente (precipitación – evapotranspiración) con el fin de conocer si el agua disponible es suficiente para cubrir los requerimientos hídricos de los cultivos.

2.2. POLIGONOS DE THIESSEN

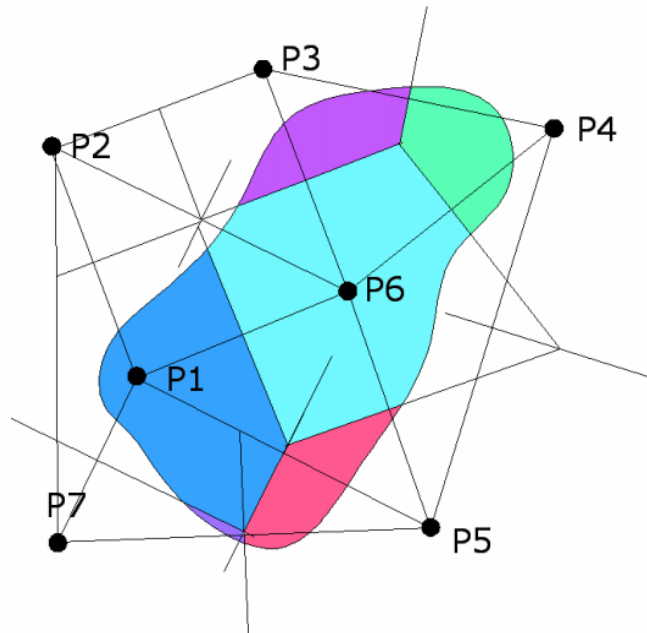
Inicialmente la técnica de los polígonos de Thiessen fueron desarrollados para el análisis de datos meteorológicos (estaciones pluviométricas) aunque en la actualidad también se aplica en estudios en los que hay que determinar áreas de influencia (centros hospitalarios, estaciones de bomberos, bocas de metro, centros comerciales, etc.).

El método de los polígonos de Thiessen consiste en delimitar áreas de influencia (unidades discretas) a partir de un conjunto de puntos. El tamaño y la configuración de los polígonos dependen de la distribución de los puntos originales, una limitante que tiene el método es que no se puede estimar el error asociado, pues el valor para cada polígono se obtiene a partir de un solo punto. Los Polígonos de Thiessen es el método de interpolación más simple, basado en la distancia euclidiana, siendo especialmente apropiada cuando los datos son cualitativos. Se unen los puntos entre sí, trazando las mediatrices de los segmento de unión. Las intersecciones de estas mediatrices

determinan una serie de polígonos en un espacio bidimensional alrededor de un conjunto de puntos de control, de manera que el perímetro de los polígonos generados sea equidistante a los puntos vecinos y designando su área de influencia.

Como la limitante para el cálculo del diagnóstico de riego y drenaje en el norte del departamento del Huila, son el escaso número de estaciones de evaporación instaladas en la zona, se requirió encontrar el área de influencia de cada una de ellas para realizar los respectivos balances hídricos con el fin de obtener el resultado del diagnóstico; es por ello que se optó por el trazado de polígonos de Thiessen para determinar dicha área de influencia (figura 1), para lo cual se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Se unen las estaciones de tres en tres
2. Se trazan mediatrices a las líneas que unen las estaciones. Como las figuras formadas son triángulos, las mediatrices se encuentran en un punto dentro del mismo.
3. Se prolongan las mediatrices hasta los límites de la cuenca cuyas superficies se corresponden a las zonas de influencia de cada estación.



4.
Figura 1. Representación gráfica de los Polígonos de Thiessen

2.3. EVAPOTRANSPIRACION

La evapotranspiración es la combinación de dos procesos por los que el agua se pierde, uno eminentemente físico como es la evaporación directa y por otra parte un proceso biológico-físico realizado por el cultivo que es la transpiración. “La evapotranspiración es un antecedente fundamental en la determinación de la tasa de riego, la planificación del riego, estructuras de riego, distribución de agua, etc.” (Tosso, 1976).

La evaporación y la transpiración ocurren simultáneamente y no hay una manera sencilla de distinguir entre estos dos procesos. Aparte de la disponibilidad de agua en los

horizontes superficiales, la evaporación de un suelo cultivado es determinada principalmente por la fracción de radiación solar que llega a la superficie del suelo, esta fracción disminuye a lo largo del ciclo del cultivo a medida que el dosel del cultivo proyecta más y más sombra sobre el suelo. En las primeras etapas del cultivo, el agua se pierde principalmente por evaporación directa del suelo, pero con el desarrollo del cultivo y finalmente cuando este cubre totalmente el suelo, la transpiración se convierte en el proceso principal.

En la Figura 2 se presenta la evapotranspiración dividida en sus dos componentes (evaporación y transpiración) en relación con el área foliar por unidad de superficie de suelo debajo de él. En el momento de la siembra, casi el 100% de la ET ocurre en forma de evaporación, mientras que cuando la cobertura vegetal es completa, más del de 90% de la ET ocurre como transpiración (FAO, Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos, 2006). Los factores que afectan la evapotranspiración son: variables climáticas, factores del cultivo y manejo de condiciones ambientales.

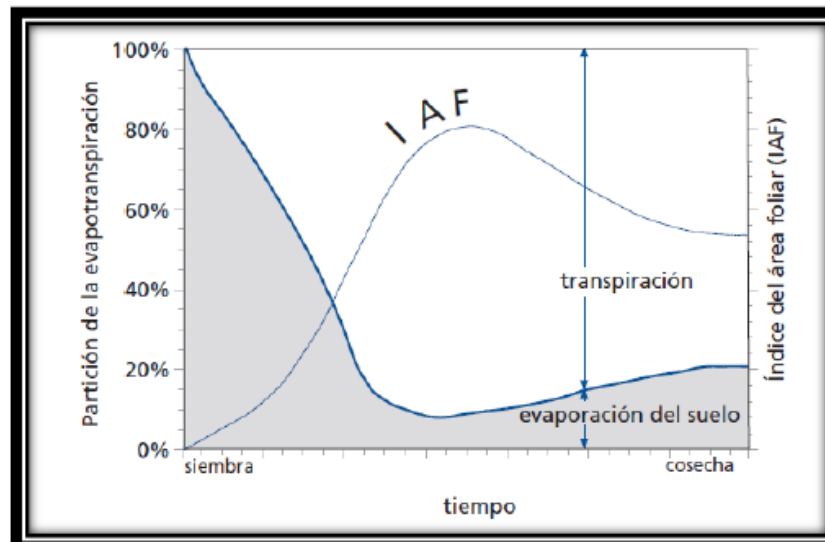


Figura 2. Repartición de la evapotranspiración en evaporación y transpiración durante el periodo de crecimiento de un cultivo anual (Fuente: FAO, 2006)

Existe una diversidad de métodos para estimar la evapotranspiración de una zona, pero la FAO recomienda el método de Penman – Monteith, ya que éste es el método estandarizado mundialmente para este propósito.

La ecuación de Penman - Monteith desarrollada en 1948, combina el método del balance energético con el de transferencia de masa para obtener una ecuación para el cálculo de la evaporación de una superficie abierta en función de las horas de sol, temperatura, humedad atmosférica y velocidad del viento. La ecuación original fue modificada en 1990 por la FAO en colaboración con la Comisión Internacional para Riego y Drenaje y con la Organización Meteorológica Mundial quienes incluyeron factores de resistencia aerodinámica y resistencia superficial; además “se realizó la inclusión en el cálculo un

cultivo de referencia como un cultivo hipotético con una altura asumida de 0,12 m, con una resistencia superficial de 70 s m^{-1} , y un albedo de 0,23, que representa el cultivo de referencia que cubre completamente el suelo, se mantiene corta, bien regado y está creciendo activamente en condiciones agronómicas óptimas (FAO, 2006). La ecuación de FAO Penman – Monteith, se presenta a continuación:

$$ETP = \frac{0,408\Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} U_2(e_s - e_a)}{\Delta + \gamma (1 + 0,34U_2)}$$

Dónde:

ETP = Evapotranspiración de referencia (mm/día)

R_n = Radiación neta en la superficie del cultivo ($\text{MJ m}^{-2}\text{día}^{-1}$)

G = Flujo de calor del suelo ($\text{MJ m}^{-2}\text{día}^{-1}$)

T = Temperatura media del aire a 2 m de altura ($^{\circ}\text{C}$)

U_2 = velocidad del viento a 2 m de altura (m s^{-1})

e_s = presión de vapor de saturación (kPa)

$e_s - e_a$ = déficit de presión de vapor (kPa)

Δ = pendiente de la curva de presión de vapor ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$)

γ = constante psicométrica ($\text{kPa } ^{\circ}\text{C}^{-1}$).

Para determinar la evapotranspiración se usará el software “Eto Calculator”, desarrollado por la División de Tierras y Aguas de la FAO, siendo su función principal el cálculo de la evapotranspiración de referencia (ETo) por medio de la ecuación Penman-Monteith. Este método ha sido seleccionado por la FAO como referencia, ya que se aproxima mucho a la ETo del cultivo de referencia en el lugar evaluado, se basa físicamente e incorpora explícitamente parámetros fisiológicos y aerodinámicos. El programa permite utilizar datos climáticos diarios, decadales y mensuales y administrar una amplia variedad de unidades.

3. METODOLOGIA

Para obtener la información básica en el presente estudio se recurrió a la Universidad Surcolombiana (USCO), al Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM), a la Corporación Autónoma del Alto Magdalena (CAM) y la Secretaria de Agricultura y Minería del Departamento (SEDAM), siendo escasa la información. Se accedió a los registros de precipitación y evaporación de las estaciones climatológicas del norte del departamento del Huila operadas por el IDEAM, además a los datos de suelos suministrados por la CAM y el Laboratorio de Suelos de la USCO y la información de los cultivos del departamento del Huila, suministrados por el SEDAM.

3.1 INFORMACIÓN CLIMATOLÓGICA

Para los propósitos del estudio, se ubicaron en el mapa del departamento del Huila las estaciones climatológicas, hallándose la mayor densidad de estaciones en la zona norte, motivo por el cual se seleccionó esta zona para el estudio, que comprende los municipios de Aipe, Algeciras, Baraya, Campoalegre, Colombia, Hobo, Iquira, Neiva, Palermo, Rivera, Santa María, Tello, Teruel, Villavieja y Yaguará.

Para los balances hídricos es indispensable contar con información climatológica confiable, para este propósito se identificaron 149 estaciones activas en el área geográfica del Departamento del Huila, de las cuales 4 son de categoría hidrometeorológica, 28 hidrológicas y 117 meteorológicas (Giraldo, 2015).

A partir de la identificación de las estaciones activas, se llevó a cabo la selección de las estaciones con información de evaporación y precipitación. Luego de un proceso de depuración se escogieron veinte (20) estaciones, de las cuales once (11) son Pluviométricas, una (1) es Pluviográfica, cinco (5) son Climatológicas Ordinarias, una (1) es Sinóptica Suplementaria, una (1) es Climatológica Principal y una (1) es Agrometeorológica (tabla 1).

3.2 INFORMACION DE SUELOS DEL DEPARTAMENTO

La textura de los suelos en el norte del departamento del Huila durante el periodo 2005 - 2015 fueron suministrados por el Laboratorio de Suelos de la USCO, observándose heterogeneidad. Las texturas de los suelos identificadas fueron: arenoso (A), arenoso franco (AF), franco arenoso (FA), franco arcillo arenoso (FArA), franco arcilloso (FAr), franco (F), arcilloso (Ar), franco Limoso (FL), franco arcillo limoso (FArL), arcillo arenoso

(ArA) y arcillo limoso (ArL). Se presentan además, las características de densidad aparente, porosidad y retención de humedad de los suelos, información básica para los estudios y diseño de riego y drenaje (tablas 2 y 3).

Tabla 1. Estaciones meteorológicas seleccionadas en el norte del Huila

ESTACION	MUNICIPIO	COORDENADAS	ELEVACION (msnm)	TIPO
Hda Pérez	Aipe	03 14 N - 75 15 W	450	PM
Praga	Aipe	03 16 N - 75 29 W	1085	PG
Nuevo Paraíso	Algeciras	02 36 N - 75 12 W	1525	PM
La Arcadia	Algeciras	02 26 N - 75 24 W	1380	PM
Baraya	Baraya	03 09 N - 75 03 W	615	PM
Los Rosales	Campoalegre	02 36 N - 75 25 W	553	CP
Miraflores	Colombia	03 28 N - 74 44 W	1049	PM
La Legiosa	Colombia	03 18 N - 74 42 W	1476	CO
El Hobo	Hobo	02 34 N - 75 26 W	636	PM
Apto Benito Salas	Neiva	02 56 N - 75 17 W	439	SS
El Juncal	Palermo	02 49 N - 75 19 W	460	CO
Sta María	Santa María	02 56 N - 75 35 W	1300	CO
Hato Milagro	Tello	03 04 N - 75 10 W	548	PM
Hato Bogotá	Tello	03 02 N - 75 09 W	591	PM
Las Herreras	Teruel	02 46 N - 75 36 W	1800	PM
San Alfonso	Villavieja	03 22 N - 75 05 W	440	AM
Villavieja FFCC	Villavieja	03 13 N - 75 12 W	430	CO
Yaguará	Yaguará	02 40 N - 75 31 W	600	PM
Hda Sta. Rosa	Yaguará	02 38 N - 75 34 W	650	PM
Palacio-Vegalarga	Neiva	02 56 N - 75 03 W	1100	CO

PM pluviométrica, PG Pluviográfica, CP climatológica principal, CO Climatológica ordinaria, SS Sinóptica suplementaria, AM Agrometeorológica.

3.3. BALANCE HIDRICO

Se realizaron los balances hídricos (BH) mensuales multianuales con la información de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP) para el periodo 1980 - 2013; dichos balances hídricos son presentados por estaciones y sectores del norte del Huila.

$$BH = P - ETP \text{ (mm/mes)}$$

3.4 ESTADISTICA

Se hizo un análisis estadístico utilizando el software Statgraphics versión 16.2.04 con la información de precipitación para el periodo 1980-2013 considerando las estaciones del norte del departamento del Huila; se obtuvo el valor de la media aritmética, la desviación

estándar y el coeficiente de variación, esto con el fin de conocer los promedios y la variabilidad de la información por zonas del departamento del Huila.

Tabla 2. Texturas del suelo en el norte del departamento del Huila

Municipio	Textura del suelo en porcentaje										
	A	AF	FA	FARa	FAR	F	Ar	FL	FARL	ArA	ArL
Aipe	1.87	5.61	40.19	28.04	3.74	4.67	14.02	0.93	0.93	0.00	0.00
Algeciras	0.00	10.00	76.67	6.67	0.00	6.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Baraya	0.00	0.00	58.33	41.67	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Campoalegre	8.51	19.15	63.83	2.13	2.13	4.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Colombia	1.87	5.61	40.19	28.04	3.74	4.67	14.02	0.93	0.93	0.00	0.00
Hobo	0.00	0.00	25.64	41.03	0.00	30.77	0.00	2.56	0.00	0.00	0.00
Iquirá	0.00	0.00	71.43	0.00	0.00	28.57	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Neiva	3.43	14.29	60.00	15.43	1.14	0.57	0.57	4.00	0.57	0.00	0.00
Palermo	2.22	14.81	60.00	11.11	2.96	5.93	2.22	0.00	0.00	0.74	0.00
Rivera	3.13	39.06	46.88	7.81	1.56	0.00	0.00	0.00	0.00	1.56	0.00
Santa María	0.00	12.82	41.03	23.08	0.00	17.95	0.00	2.56	0.00	0.00	2.56
Tello	20.69	13.79	45.98	18.39	0.00	0.00	1.15	0.00	0.00	0.00	0.00
Teruel	0.00	0.00	76.92	15.38	0.00	0.00	0.00	7.69	0.00	0.00	0.00
Villavieja	5.66	1.89	54.72	26.42	0.00	1.89	7.55	1.89	0.00	0.00	0.00
Yaguará	0.00	5.88	47.06	29.41	11.76	0.00	0.00	5.88	0.00	0.00	0.00

Fuente: Base de datos Laboratorio de Suelos – USCO (2005-2015)

Tabla 3. Características según las clases texturales de los suelos

Clase Textural	Porosidad (%)	Densidad aparente (gr.cm ⁻³)	Gravimetría (%)	
			Capacidad de Campo	P. Marchitez Permanente
Arenoso	43.7	1.62	9	3
Arenoso Franco	43.7	1.64	13	6
Franco Arenoso	45.3	1.55	21	10
Franco Arcillo Arenoso	39.8	1.64	26	15
Franco Arcilloso	46.4	1.34	32	20
Franco	46.3	1.26	27	12
Arcilloso	47.5	1.22	40	27
Franco Limoso	50.1	1.31	33	13
Franco Arcillo Limoso	47.1	1.30	37	21
Arcillo Arenoso	43.0	1.40	34	24
Arcillo Limoso	47.9	1.30	39	25

Fuente: Rojas, 2010.

3.5 INFORMACIÓN DE CULTIVOS

En el norte del departamento del Huila se siembra una diversidad de cultivos. En el presente estudio, los cultivos se dividieron en los de tipo semestral como algodón, arroz, frijol, maíz y tabaco, y de tipo permanente como cacao, café, caña panelera y cítricos,

cultivos seleccionados por representar la mayor área sembrada (anexo A). Se consultó la información descriptiva de los cultivos en la página web: www.Infoagro.com:

3.5.1 CULTIVOS SEMESTRALES

ALGODÓN (*Gossypium hirsutum*). Es típico de las zonas cálidas oscila entre 400 y 1000 msnm. La germinación se produce cuando se alcanza temperatura no inferior a 14°C, siendo el óptimo de germinación de 20°C; para la floración se necesita una temperatura media de 20 a 30°C y para la maduración de la cápsula se necesita una temperatura entre 27 y 30°C. Es un cultivo exigente en agua, pues la planta tiene mucha cantidad de hojas provistas de estomas y la profundidad radicular efectiva es de 1 m. Los riegos deben aplicarse durante todo el desarrollo de la planta. El viento es un factor que puede ocasionar pérdidas durante la fase de floración y desarrollo de las cápsulas, produciendo caídas en elevado porcentaje. Se requieren suelos profundos, capaces de retener agua y con buena humedad durante todo el ciclo del cultivo. Los suelos salinos son tolerados por el cultivo del algodón e incluso en cantidades elevadas sin sufrir disminución en su rendimiento productivo.

ARROZ (*Oryza Sativa*). La profundidad radicular efectiva es de 0,5 m. El arroz se cultiva desde el nivel del mar hasta los 2.500 m. de altitud. Las precipitaciones condicionan el sistema y las técnicas de cultivo. El cultivo tiene lugar en una amplia gama de suelos, variando la textura desde arenosa a arcillosa. Se suele cultivar en suelos de textura fina y media, propia del proceso de sedimentación en las amplias llanuras inundadas. Los suelos de textura fina dificultan las labores, pero son más fértiles al tener mayor contenido de arcilla, materia orgánica y suministrar más nutrientes. Por tanto la textura del suelo juega un papel importante en el manejo del riego y de los fertilizantes

FRIJOL (*Phaseolus vulgaris* L). El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo. La planta es de clima húmedo y suave, dando las mejores producciones en climas cálidos. La planta de frijol se desarrolla bien entre temperaturas de 15 a 27°C, las que generalmente predominan a elevaciones de 400 a 1.200 msnm, pero es importante reconocer que existe un gran rango de tolerancia entre diferentes variedades y cuenta con una profundidad radicular efectiva de 0,5 m. Admite una amplia gama de suelos pero los más indicados son los ligeros, de textura franco-arenosa, con buen drenaje y ricos en materia orgánica. En suelos muy arcillosos y salinos vegeta deficientemente, siendo muy sensible a los encharcamientos, de forma que un riego excesivo puede ser suficiente para dañar el cultivo. En suelos calizos las plantas se vuelven cloróticas y achaparradas, así como un embastecimiento de los frutos.

MAIZ (*Zea mays*). El maíz requiere una temperatura de 25 a 30°C y puede desarrollarse óptimamente por debajo de los 3300 msnm. Requiere bastante incidencia de luz solar y en aquellos climas húmedos su rendimiento es más bajo. Para que se produzca la germinación, la temperatura debe situarse entre los 15 a 20°C. El maíz llega a soportar temperaturas mínimas de hasta 8°C y a partir de 30°C pueden aparecer problemas serios

debido a mala absorción de nutrientes minerales y agua. Para la fructificación se requieren temperaturas de 20 a 32°C. El maíz se adapta muy bien a todo tipo de suelos, siendo los de pH entre 6 a 7 los que mejor se adaptan. Por lo general, se requieren suelos profundos (profundidad radicular efectiva es de 1.0 m) ricos en materia orgánica, con buena circulación del drenaje.

TABACO (*Nicotina tabacum*). En general el tabaco prefiere suelos francos, sueltos y profundos, bien drenados, que sean fértiles, siendo la profundidad radicular efectiva de 0,5 m. El pH más apropiado es de neutro a ligeramente ácido, para los tabacos de hoja clara, y neutro o ligeramente alcalino para tabacos de tipo oscuro. Además la textura de las tierras influye sobre la calidad de la cosecha y el contenido nicotínico de las hojas.

3.5.2 CULTIVOS PERMANENTES

CACAO (*Theobroma cacao*). El cacao no soporta temperaturas bajas, siendo su límite medio anual de 21°C, las necesidades de agua oscilan entre 1500 y 2500 mm en las zonas bajas más cálidas y entre 1200 y 1500 mm en las zonas más frescas o los valles altos, además vientos continuos pueden provocar un desecamiento, muerte y caída de las hojas. Se requieren suelos muy ricos en materia orgánica, profundos ya que su profundidad radicular efectiva es de 0,7 m, franco arcilloso con buen drenaje y topografía regular. Las plantaciones están localizadas en suelos que varían desde arcillas muy erosionadas hasta arenas volcánicas recién formadas y limos, con pH entre 4 y 7.

CAFÉ (*Coffea Arabica L*). El café se cultiva en lugares con precipitación entre los 750 hasta 3000 mm al año, el mejor café se produce en aquellas áreas de altitud de 1200 a 1700 m, donde la precipitación anual es de 2000 a 3000 mm y la temperatura media es de 16° a 22°C. Pero aún más importante es la distribución de esta precipitación en función del ciclo de la planta. El cultivo requiere una lluvia (o riego) abundante y uniformemente distribuida desde comienzos de la floración hasta finales del verano para favorecer el desarrollo del fruto. El café cuenta con una profundidad radicular efectiva de 0.9 m, prospera en un suelo profundo, bien drenado, que no sea ni demasiado arenoso ni demasiado arcilloso. El pH del suelo debe ser más bien ácido.

CAÑA PANALERA (*Saccharum officinarum*). Es típica en alturas que oscilan entre 600 y 1500 m, la caña crece bien en temperaturas entre los 19 y 30°C y óptima entre 20 y 26°C; requiere mucha luz para fabricar los azúcares y por lo tanto en zonas muy nubladas, la caña no da buena panela. Los vientos fuertes son muy perjudiciales para el cultivo por el volcamiento que causa, además la caña requiere entre 1200 y 1800 mm lluvias anuales. La caña se adapta bien a una amplia variedad de suelos, pero se prefieren los franco arcillosos, profundos y bien drenados, ya que su profundidad radicular efectiva es de 1.2 m. La caña se desarrolla satisfactoriamente, en los suelos sueltos y ricos en materia orgánica. El nivel freático debe estar mínimo a 1.2 m; a menor profundidad hay que hacer buenos drenajes. El pH óptimo está entre 6 y 8.

CITRICOS. *Citrus máxima* (pomelo o toronja), *Citrus medica* (cidro) y *Citrus reticulata* (tangerinas y mandarinas). Las altitudes aptas oscilan entre 500 y 1200 msnm, mientras que las zonas bajo los 500 m, son muy adecuadas para ciertas especies como las toronjas, limones, limas ácidas y algunas mandarinas. La mayor producción y mejor calidad de la fruta se obtiene en temperaturas que oscilan entre 18 y 28°C, con pequeñas variaciones para cada especie y variedad. La cantidad de agua necesaria oscila entre 9000 y 1200 m³, cuenta con una profundidad radicular efectiva de 0.8 m, lo que equivale a una precipitación anual de 900 a 1200 mm, sin embargo, las precipitaciones mayores no son problemáticas siempre y cuando haya un buen drenaje del suelo. Los aspectos más importantes del suelo para el cultivo de cítricos son la profundidad efectiva y la textura. Se recomienda profundidad de suelos no inferior a 1 m, aunque es conveniente que sea de 1,5 m. La textura ideal de los suelos para el cultivo está comprendida entre liviana y media. Los suelos pesados con lenta infiltración no deben dedicarse a este cultivo, ya que generalmente están asociados a pudrición de raíces causadas por hongos (*Phytophthora parasitica*, *Citrothora* y *Diplodia*), y el crecimiento es muy lento.

3.5.3 Kc DE LOS CULTIVOS

Para la estimación de la evapotranspiración real del cultivo es necesario conocer el tipo de cobertura del suelo (cultivo) y el factor empírico de cultivo (Kc). El producto de la evapotranspiración potencial por el factor empírico de cultivo permite obtener la evapotranspiración real del área cultivada (tabla 4).

Tabla 4. Valore de Kc para los cultivos del norte del Huila

CULTIVO	Kc Inicial	Kc Medio	Kc Final
Algodón	0.75	1.15 – 1.20	0.70 – 0.50
Arroz	1.05	1.20	0.90 – 0.60
Frijol	0.50	1.05	0.90
Maíz	0.80	1.20	0.60 – 0.35
Tabaco	0.75	1.05	0.65
Cacao	1.00	1.05	1.05
Café	1.05	1.10	1.10
Caña Panelera	0.40	1.25	0.75
Cítricos	0.85	0.85	0.85

Fuente: FAO 2006.

3.6 RIEGO

Precipitación efectiva (Pe). Se utilizó la precipitación efectiva, seleccionando las estaciones por municipio o próximos a la mayor área cultivada. La precipitación efectiva es aquella fracción de la precipitación total que es aprovechada por las plantas, esta se calculó mediante la fórmula de Brouwer y Heibloem (UPM) citado por Ramírez, 2010.

$$Pe = 0.8P - 25, \quad \text{si } P > 75mm$$

$$Pe = 0.6P - 10, \quad \text{si } P < 75mm$$

Lámina neta (Ln). Para el cálculo de la lámina neta, se tomaron las condiciones dominantes del suelo, siendo frecuente la textura franco arenosa. La profundidad efectiva radical para cultivos semestrales se consideró de 50 cm y para cultivos permanentes de 100 cm. La fórmula utilizada para el cálculo de la lámina de riego es:

$$Ln = \frac{CC - PMP}{100} * Da * Per * Na$$

Dónde:

CC: contenido de humedad del suelo a capacidad de campo (%).

PMP: contenido de humedad del suelo a punto de marchitez permanente (%).

Da: densidad aparente del suelo (gr/cm³)

Per: profundidad efectiva radical.

Na: Nivel de agotamiento (30%).

Uso Consumo (UC). Se define como la suma del agua usada por el cultivo, y evaporada de sus alrededores, para asegurar la mayor productividad posible.

$$UC = ETp \left(\frac{mm}{dia} \right) * Kc$$

Dónde:

ETp: Evapotranspiración potencial (mm/día).

Kc: Factor empírico de cultivo

Frecuencia de Riego (Fr): Es el tiempo que transcurre entre una aplicación de agua y la siguiente, varía según el consumo de agua del cultivo regado y con la capacidad de almacenamiento del suelo. El consumo de agua está en función del clima, el estado de desarrollo de la planta y de la clase de suelo. La frecuencia de riego no debe considerarse uniforme durante todo el ciclo vegetativo, sino que cada riego debe aplicarse cuando la planta lo requiera, es decir, cuando el contenido de humedad del suelo esté próximo al coeficiente de marchitez. La frecuencia de riego se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$Fr = \frac{Ln (mm)}{UC \left(\frac{mm}{dia} \right)}$$

4. RESULTADOS

4.1. ZONIFICACION EN EL NORTE DEL HUILA

De las estaciones localizadas en el norte del Huila, se seleccionaron siete (7) estaciones climatológicas con información suficiente para estimar la evapotranspiración potencial (ETP) mediante el método FAO (Penman-Monteith) y plantear los respectivos balances hídricos. La aplicación del método de Polígonos de Thiessen permitió representar siete (7) zonas de influencias una por cada estación con valores de evapotranspiración potencial (figura 3).

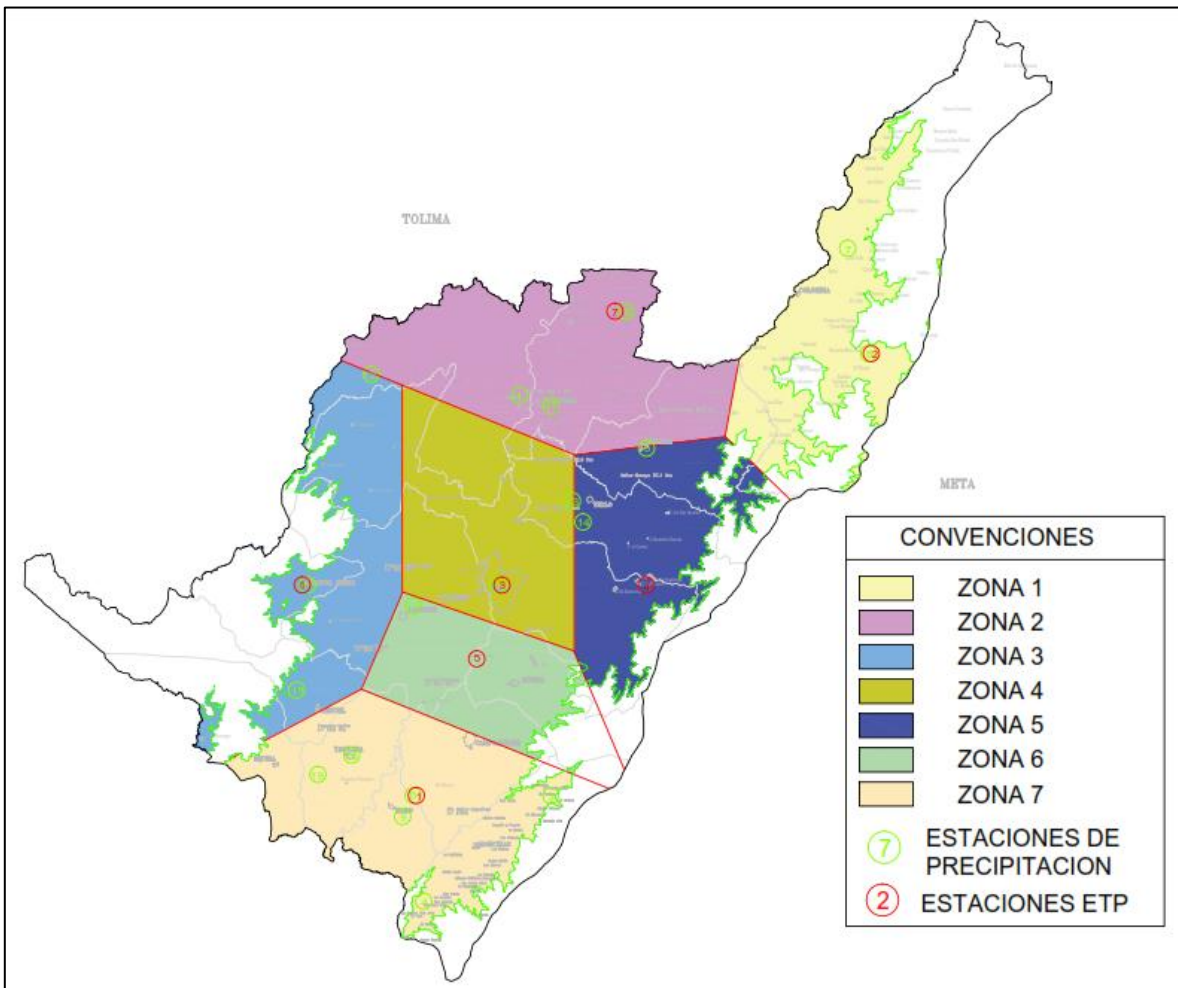


Figura 3. Zonificación de la evapotranspiración potencial en el norte del Huila

La investigación "*The water balance across altitudes*" de la Universidad de Ginebra (Suiza), se concluyó que en zonas de montañas tropicales, la precipitación tiene tendencia exponencial positiva hasta los 1800 m.s.n.m., por encima de esta altitud la precipitación comienza a disminuir. Teniendo en consideración lo anterior, y debido a que en el área de estudio no se encontró estación a altitud superior a los 1800 m.s.n.m., se decidió tomar esta altitud como límite superior de las diferentes áreas a evaluar en el norte del departamento del Huila.

En la figura 4 se presentan los valores de precipitaciones medias multianuales y su variación en la zona norte del departamento del Huila, se observa hacia el centro los valores más bajos de precipitación que coincide con las menores elevaciones de terreno.

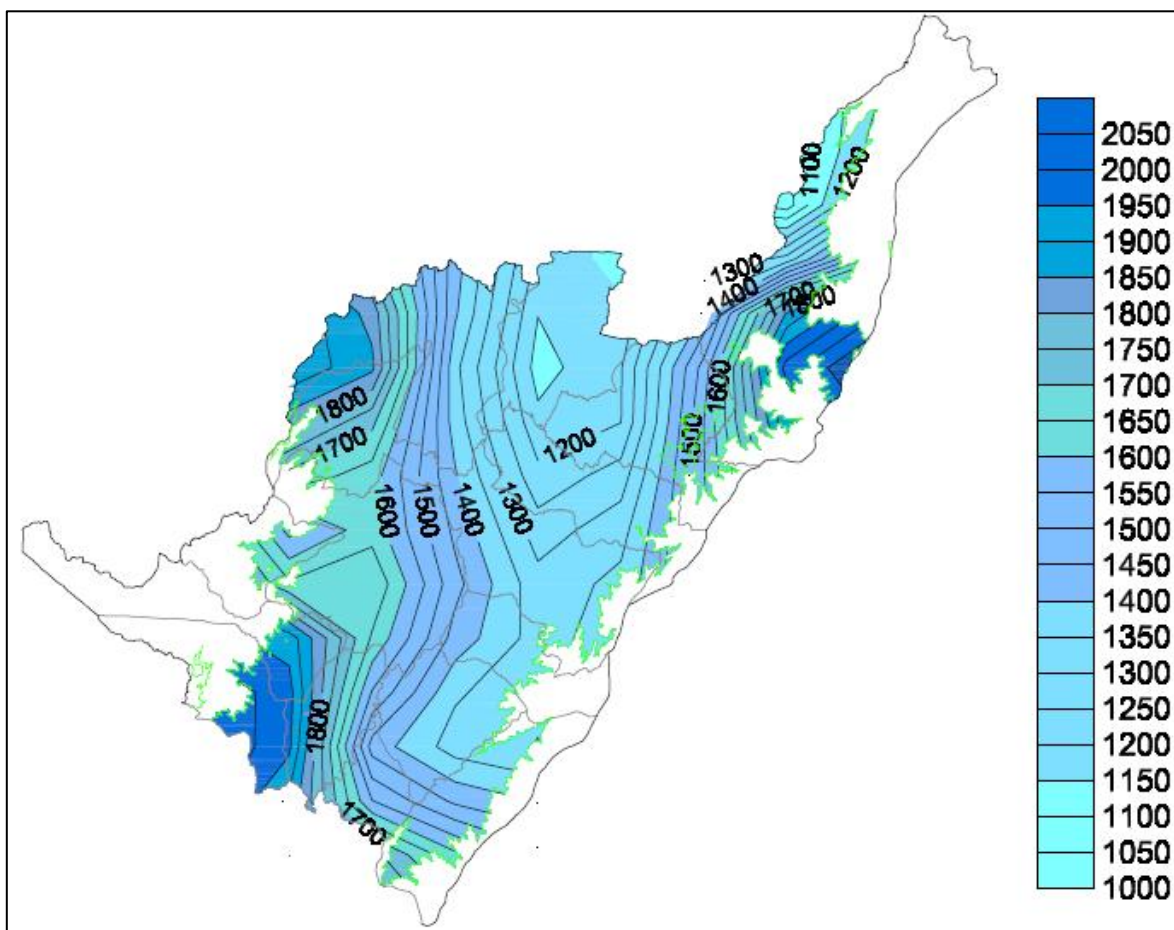


Figura 4. Mapa de precipitación media multianual en el norte del Huila

Las siete zonas agroclimáticas características del norte del Huila son integradas por las estaciones meteorológicas como se muestra en la tabla 5, lo que hizo posible calcular los balances hídricos con la información de precipitación en el periodo 1980 - 2013. En el anexo B, se muestran los valores medios mensuales de precipitación y evapotranspiración potencial para el norte del Huila.

Tabla 5. Estación meteorológica y elemento del clima por zona

ZONA	ID ESTACION	NOMBRE	DATO
1	2	La Legiosa	Evapotranspiración
	7	Miraflores	Precipitación
	8	La Legiosa	Precipitación
2	7	San Alfonso	Evapotranspiración
	1	Hda Pérez	Precipitación
	16	San Alfonso	Precipitación
	17	Villavieja Ffcc	Precipitación
3	6	Sta María	Evapotranspiración
	2	Praga	Precipitación
	12	Sta María	Precipitación
	15	Las Herreras	Precipitación
4	3	Apto Benito Salas	Evapotranspiración
	10	Apto Benito Salas	Precipitación
	13	Hato Milagro	Precipitación
5	4	Palacio-Vegalarga	Evapotranspiración
	14	Hato Bogotá	Precipitación
	5	Baraya	Precipitación
6	5	El Juncal	Evapotranspiración
	11	El Juncal	Precipitación
7	1	Los Rosales	Evapotranspiración
	3	Nuevo Paraíso	Precipitación
	4	La Arcadia	Precipitación
	6	Los Rosales	Precipitación
	9	El Hobo	Precipitación
	18	Yaguará	Precipitación
	19	Hda Sta Rosa	Precipitación

4.2. BALANCES HIDRICOS POR ZONAS DEFINIDAS EN EL NORTE DEL HUILA

ZONA 1. Está zona está integrada por las estaciones meteorológicas Miraflores y La Legiosa. Con la precipitación (P) y la evapotranspiración potencial (ETP) del cultivo de referencia (pasto), se procede a realizar el balance hídrico climático anual resultando en exceso. En La Legiosa se presenta déficit hídrico en el mes de enero, mientras que en los meses restantes ocurre exceso, alcanzando el máximo en julio (268.2 mm). En Miraflores, el déficit hídrico ocurre en los meses de enero, febrero, julio, agosto, septiembre y diciembre. Las diferencias entre las estaciones son debidas a las distintas posiciones altitudinales y a la zonas de vida (tabla 6).

Tabla 6. Balance hídrico climático Zona 1

BALANCE HIDRICO ZONA 1		ESTACION			
		MIRAFLORES 1049 msnm		LA LEGIOSA 1476 msnm	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)
E	96.1	57.4	-38.7	66.4	-29.7
F	86.8	60.4	-26.4	91.3	4.5
M	86.8	90.7	3.9	138.3	51.5
A	81	115.4	34.4	200.5	119.5
M	77.5	123.2	45.7	273.7	196.2
J	69	80.7	11.7	327.2	258.2
J	71.3	62.5	-8.8	339.5	268.2
A	83.7	39.1	-44.7	246.2	162.5
S	90	40.5	-49.5	170.0	80.0
O	93	136.2	43.2	164.9	71.9
N	81	150.5	69.5	185.2	104.2
D	83.7	71.5	-12.2	115.5	31.8
TOTAL	999.9	1027.9	28.0	2318.6	1318.7

En la figura 5, se observa una tendencia bimodal de las lluvias en Miraflores, mientras que en La Legiosa se presenta una tendencia unimodal de las lluvias con mínimos valores en el periodo de septiembre a enero.

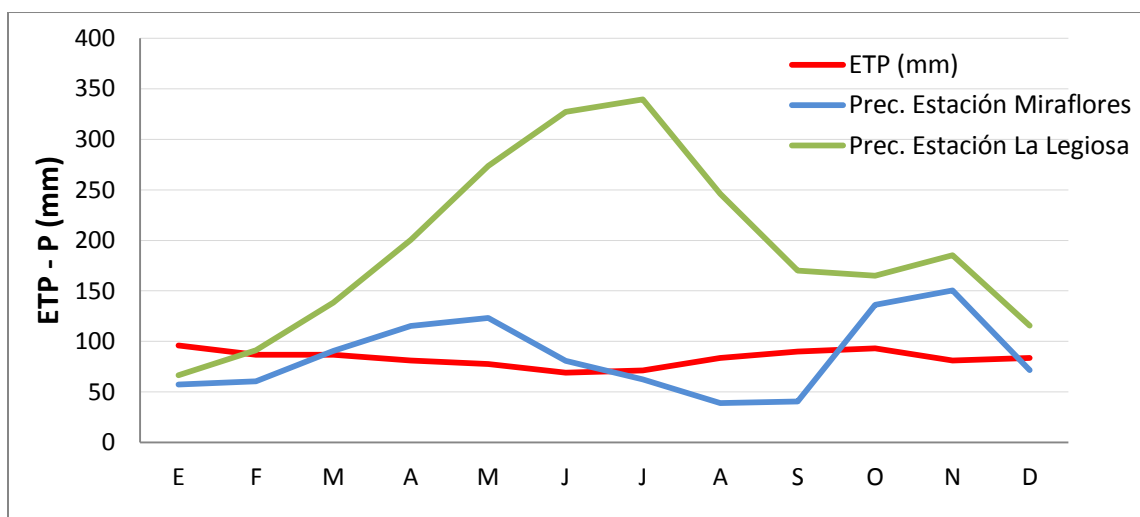


Figura 5. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 1

ZONA 2. La integran tres estaciones con información de precipitación en el periodo 1980 - 2013, de las cuales la estación San Alfonso, presenta información climatológica suficiente para el cálculo de la ETP. Los meses con exceso hídrico son abril, octubre, noviembre y diciembre, cuyos valores no superan los 90 mm por mes, se presenta el mayor déficit

hídrico en el mes de agosto con valores inferiores a 136 mm/mes. El déficit hídrico anual varía entre 437 y 480 mm/año (tabla 7).

Tabla 7. Balance hídrico climático Zona 2

BALANCE HIDRICO ZONA 2		ESTACION					
		HDA PEREZ		SAN ALFONSO		VILLAVIEJA FCC	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)
E	130.2	73.6	-56.6	62.5	-67.7	71.1	-59.1
F	123.2	82.9	-40.3	73.0	-50.2	87.6	-35.6
M	130.2	117.9	-12.3	129.7	-0.5	122.8	-7.4
A	123.0	139.9	16.9	132.7	9.7	141.5	18.5
M	130.2	86.3	-43.9	78.4	-51.8	92.5	-37.7
J	132.0	30.8	-101.2	29.5	-102.5	31.2	-100.8
J	145.7	25.6	-120.1	27.7	-118.0	28.8	-116.9
A	155.0	20.4	-134.6	19.0	-136.0	21.9	-133.1
S	150.0	55.8	-94.2	55.8	-94.2	62.4	-87.6
O	136.4	183.6	47.2	165.0	28.6	162.9	26.5
N	114.0	190.2	76.2	202.2	88.2	188.8	74.8
D	114.7	140.3	25.6	130.5	15.8	132.7	18.0
TOTAL	1584.6	1147.3	-437.3	1105.9	-478.7	1144.1	-440.5

En la zona 2, la distribución de la precipitación es bimodal con un periodo seco bien definido de junio a septiembre. Es de resaltar que durante ocho (8) meses la precipitación es inferior a la evapotranspiración potencial, lo que determina un déficit hídrico prolongado en la mayor parte del año (figura 6).

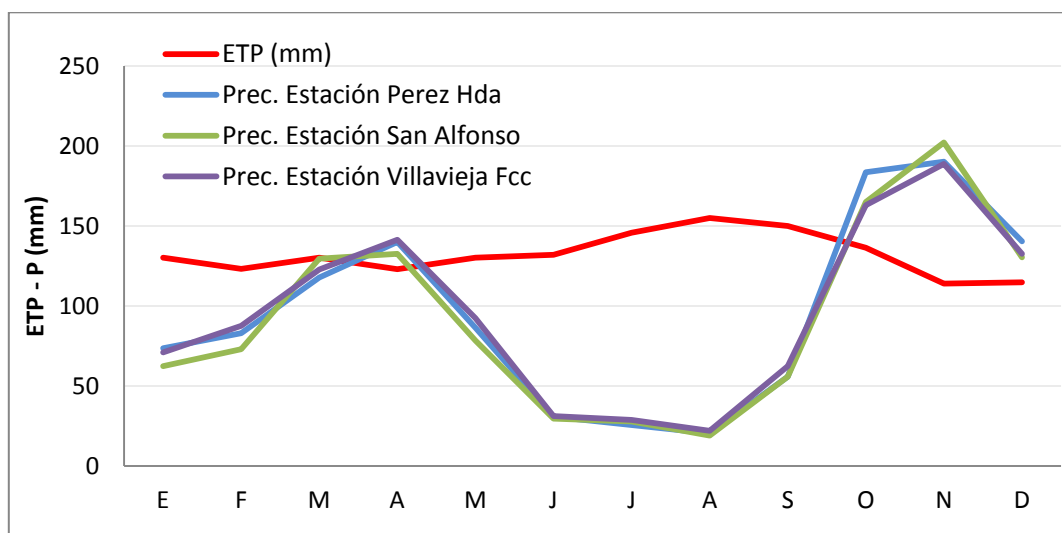


Figura 6. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 2

ZONA 3. Está integrada por tres estaciones meteorológicas (Praga, Sta. María y Las Herreras), ubicadas en el nororiente del departamento del Huila. Las mínimas precipitaciones ocurren en el periodo de junio a septiembre, lo que determina balances hídricos en déficit incrementando las necesidades hídricas de los cultivos. En Santa María se presenta un déficit de agua adicional en el mes de enero (tabla 8).

Tabla 8. Balance hídrico climático Zona 3

BALANCE HIDRICO ZONA 3		ESTACION					
		PRAGA		SANTA MARIA		LAS HERRERAS	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)
E	124	168.3	44.3	90.3	-33.7	177.2	53.2
F	98	173.2	75.2	115.7	17.7	214.8	116.8
M	111.6	225.7	114.1	146.4	34.8	198.8	87.2
A	105	249.8	144.8	185.7	80.7	233.2	128.2
M	105.4	181.0	75.6	156.0	50.6	163.1	57.7
J	99	63.7	-35.3	90.3	-8.7	91.2	-7.8
J	105.4	54.6	-50.8	58.7	-46.7	76.1	-29.3
A	111.6	49.3	-62.3	53.5	-58.1	49.3	-62.3
S	114	110.3	-3.7	84.4	-29.6	110.0	-4.0
O	111.6	269.2	157.6	184.0	72.4	222.4	110.8
N	102	283.5	181.5	188.1	86.1	254.9	152.9
D	102.3	195.8	93.5	114.8	12.5	226.1	123.8
Anual	1289.9	2024.4	734.5	1467.8	177.9	2017.1	727.2

El balance hídrico anual muestra excesos superiores a los 177 mm en las distintas estaciones. La precipitación tiene distribución bimodal con los mayores aportes en abril y noviembre (figura 7). La estación Santa María se diferencia significativamente de Praga y Las Herreras, mostrando la primera estación un menor exceso hídrico anual.

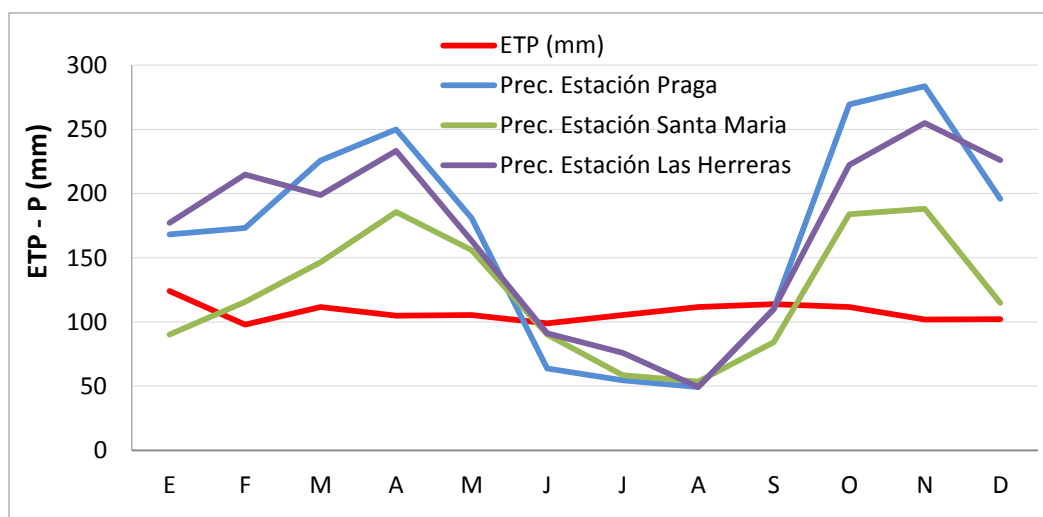


Figura 7. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 3

ZONA 4. Está ubicada en el centro del área de estudio y la integran dos estaciones meteorológicas (Apto Benito Salas y Hato Milagro), ubicadas en altitudes inferiores a los 550 m.s.n.m (tabla 9). Se presenta exceso hídrico durante los meses de marzo, abril, octubre y noviembre, alcanzando el mayor valor en noviembre. La lluvia tiene distribución bimodal, con el mayor déficit hídrico en agosto, ocurriendo éste mes la mayor evapotranspiración potencial (figura 8).

Tabla 9. Balance hídrico climático Zona 4

BALANCE HIDRICO ZONA 4		ESTACION			
		APTO BENITO SALAS		HATO MILAGRO	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH (mm)
E	139.5	103.9	-35.6	81.0	-58.5
F	126	124.3	-1.7	94.1	-31.9
M	124	155.1	31.1	145.7	21.7
A	117	155.7	38.7	139.5	22.5
M	127.1	96.6	-30.5	108.1	-19.0
J	144	33.6	-110.4	34.5	-109.6
J	164.3	31.3	-133.0	29.9	-134.4
A	176.7	19.8	-156.9	17.1	-159.6
S	153	57.0	-96.0	41.1	-111.9
O	124	197.8	73.8	158.4	34.4
N	108	244.8	136.8	201.5	93.5
D	114.7	169.6	54.9	155.3	40.6
TOTAL	1618.3	1389.6	-228.7	1206.2	-412.1

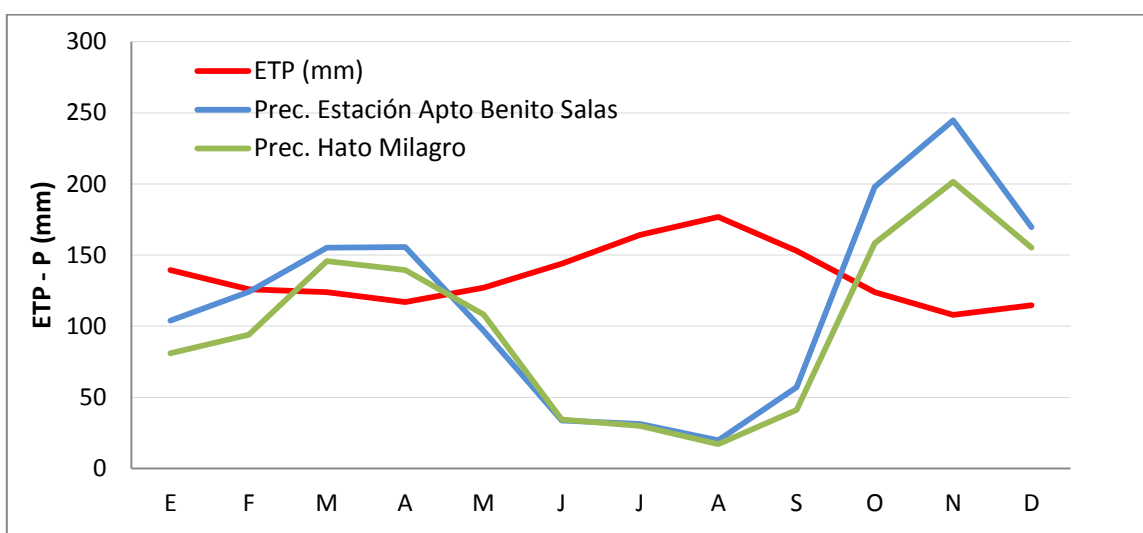


Figura 8. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 4

ZONA 5. Está integrada por las estaciones Hato Bogotá y Baraya. La precipitación tiene distribución bimodal con dos periodos de lluvia (marzo – abril y octubre – diciembre) precedidos por dos periodos secos, siendo intenso el periodo seco comprendido de junio

a septiembre. La evapotranspiración potencial mensual es aproximadamente constante con un valor próximo a los 100 mm/mes (tabla 10 y figura 9).

Tabla 10. Balance hídrico climático Zona 5

BALANCE HIDRICO ZONA 5		ESTACION			
		HATO BOGOTA 591 mm		BARAYA 515 mm	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)	P (mm)	BH(mm)
E	108.5	74.1	-34.4	60.7	-47.8
F	98	93.5	-4.5	89.4	-8.6
M	105.4	138.8	33.4	119.4	14.0
A	96	145.6	49.6	156.8	60.8
M	102.3	95.0	-7.3	104.6	2.3
J	99	32.5	-66.5	47.8	-51.2
J	102.3	30.7	-71.6	39.5	-62.8
A	114.7	15.1	-99.6	27.6	-87.1
S	111	43.8	-67.2	46.2	-64.8
O	105.4	181.4	76.0	161.2	55.8
N	90	209.6	119.6	191.3	101.3
D	96.1	151.4	55.3	123.9	27.8
TOTAL	1228.7	1211.6	-17.1	1168.4	-60.3

El mayor déficit mensual de agua ocurre en agosto, alcanzando el mayor déficit de 99.6 mm. El mayor déficit hídrico anual es de 60.3 mm (figura 9).

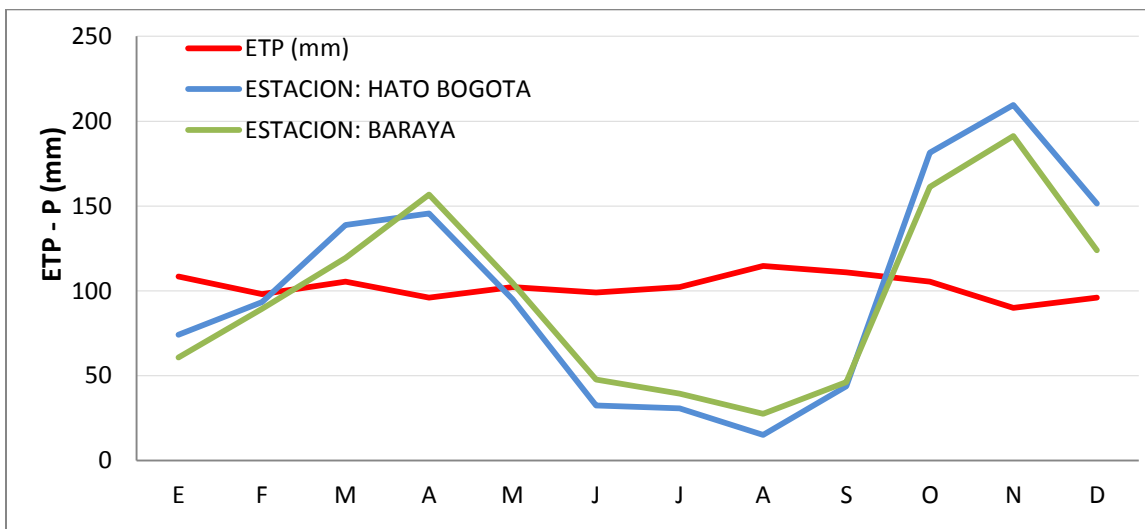


Figura 9. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 5

ZONA 6. Está representada por la estación el Juncal, con información del periodo 1980 – 2013. La distribución de la lluvia es bimodal con un periodo crítico de déficit hídrico comprendido de mayo a septiembre (tabla 11).

Tabla 11. Balance hídrico climático Zona 6

BALANCE HIDRICO ZONA 6		ESTACION EL JUNCAL	
MES	ETP (mm)	P (mm)	BH (mm)
E	127,1	152,7	25,6
F	117,6	163,1	45,5
M	124	203,7	79,7
A	117	198,8	81,8
M	120,9	116,0	-4,9
J	123	44,7	-78,3
J	130,2	33,9	-96,3
A	142,6	19,8	-122,8
S	138	63,9	-74,1
O	130,2	245,3	115,1
N	117	262,4	145,4
D	120,9	220,0	99,1
TOTAL	1508,5	1724,2	215,7

En la figura 10 se muestran los valores de precipitación (P) y evapotranspiración potencial (ETP); los mayores valores de precipitación ocurren en noviembre (262,4 mm) y los mínimos en agosto (19,8 mm).

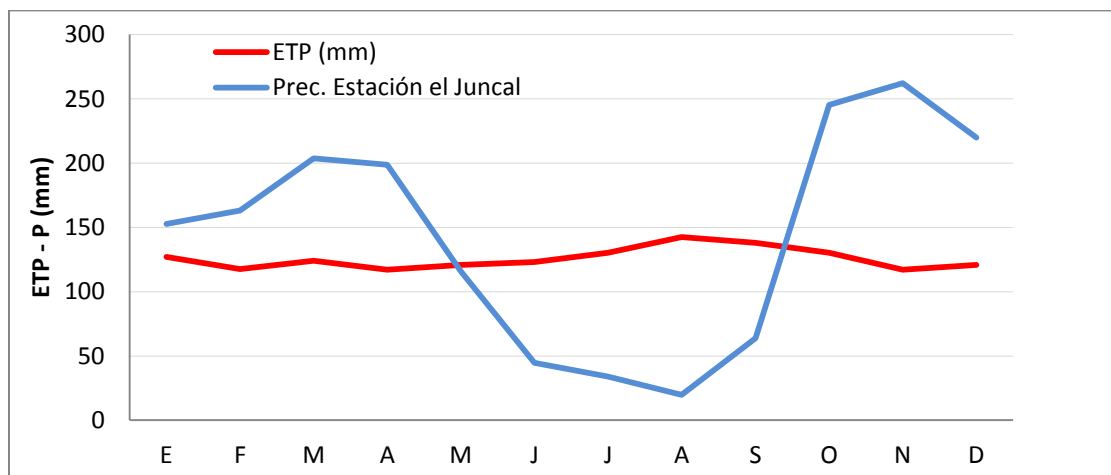


Figura 10. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 6

ZONA 7. Está integrada por seis estaciones meteorológicas, las cuales comprenden los municipios de Algeciras, Campoalegre, Hobo y Yaguará. La menor precipitación ocurre

en el periodo de junio a septiembre con déficit de agua para la producción agrícola. Noviembre es el mes de máximas lluvias, lo que determina exceso hídrico en este periodo (tabla 12).

Tabla 12. Balance hídrico climático Zona 7

BALANCE HIDRICO ZONA 7		Evapotranspiración potencial (ETP), precipitación (P) y balance hídrico (BH) en mm											
		ESTACION											
		NUEVO PARAISO		LA ARCADIA		LOS ROSALES		EL HOBO		YAGUARA		HDA STA ROSA	
MES	ETP	P	BH	P	BH	P	BH	P	BH	P	BH	P	BH
E	127,1	72,9	-54,2	138,8	11,7	118,9	-8,2	111,4	-15,7	167,6	40,5	221,1	94,0
F	114,8	94,3	-20,5	135,8	21,0	116,0	1,2	126,0	11,2	155,3	40,5	154,4	39,6
M	120,9	124,2	3,3	170,5	49,6	154,4	33,5	160,0	39,1	216,3	95,4	206,5	85,6
A	111	140,3	29,3	196,4	85,4	143,3	32,3	143,5	32,5	179,1	68,1	278,6	167,6
M	114,7	129,3	14,6	171,0	56,3	103,1	-11,6	116,3	1,6	123,4	8,7	141,5	26,8
J	117	108,8	-8,2	113,8	-3,2	40,8	-76,2	39,8	-77,2	39,7	-77,3	44,2	-72,8
J	130,2	85,9	-44,3	88,2	-42,0	35,7	-94,5	34,0	-96,2	37,0	-93,2	31,9	-98,3
A	142,6	66,8	-75,8	73,1	-69,5	22,9	-119,7	22,3	-120,3	18,0	-124,6	18,1	-124,5
S	141	84,0	-57,0	84,4	-56,6	44,7	-96,3	55,3	-85,7	47,3	-93,7	73,6	-67,4
O	130,2	128,1	-2,1	217,4	87,2	161,2	31,0	167,0	36,8	192,9	62,7	214,3	84,1
N	111	138,8	27,8	214,9	103,9	218,7	107,7	209,4	98,4	273,7	162,7	308,6	197,6
D	111,6	105,3	-6,3	151,1	39,5	177,3	65,7	167,6	56,0	234,5	122,9	279,5	167,9
TOTAL	1472,1	1278,6	-193,5	1755,4	283,3	1337,0	-135,1	1352,6	-119,5	1684,9	212,8	1972,2	500,1

Las lluvias tienen distribución bimodal con la mínima precipitación en el periodo junio a septiembre. Se observa déficit de agua anual en tres estaciones (Nuevo Paraíso, los Rosales, el Hobo), lo que implica que el periodo de sequía es de mayor impacto comparado con las épocas de lluvias. Las estaciones presentan distribución de lluvia similar durante el año a excepción de Nuevo Paraíso y La Arcadia, las cuales muestran déficit de agua durante seis meses (figura 11).

En la figura 12 se muestra el resultado del balance hídrico anual en la zona norte del Huila, se observa que hacia el centro se presenta déficit hídrico que alcanza los 400 mm/año, en los sectores occidental y oriental ocurren excesos hídricos que alcanzan los 700 y 1100 mm respectivamente, cabe destacar que las áreas con excesos de agua, son aquellas con elevación superior a los 650 m.s.n.m.

Las áreas con déficit hídrico en el norte del departamento del Huila, se localizan en los municipios de Campoalegre, Hobo, Rivera, Neiva, Tello, Baraya, Aipe y Villavieja, siendo este último municipio, el de mayor déficit en toda su extensión geográfica.

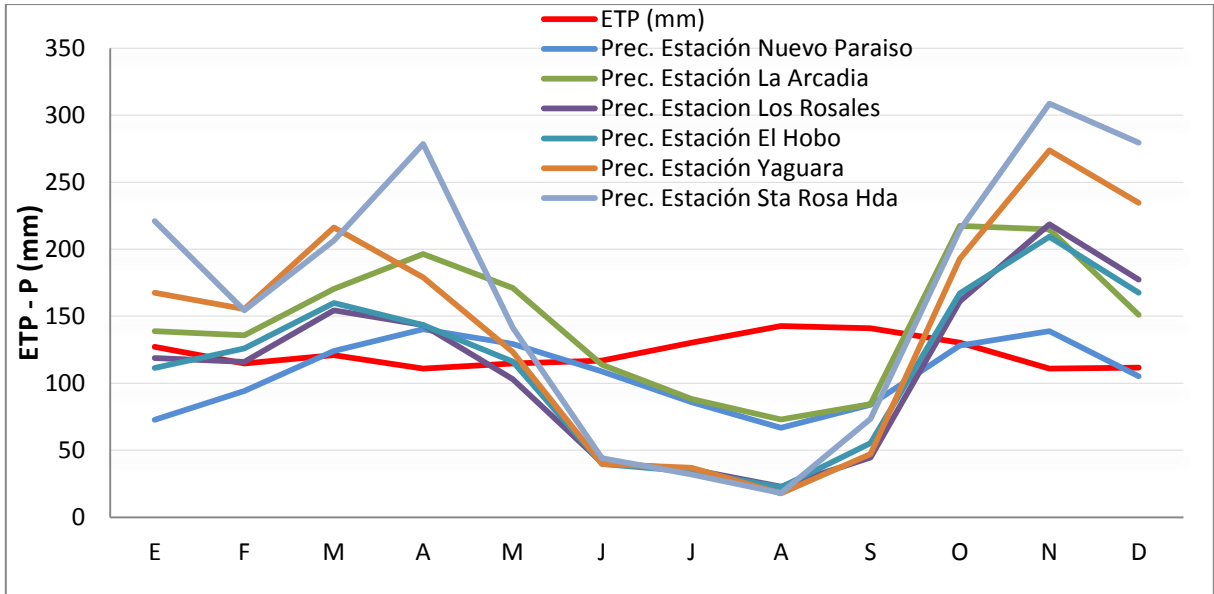


Figura 11. Evapotranspiración potencial y precipitación en la Zona 7

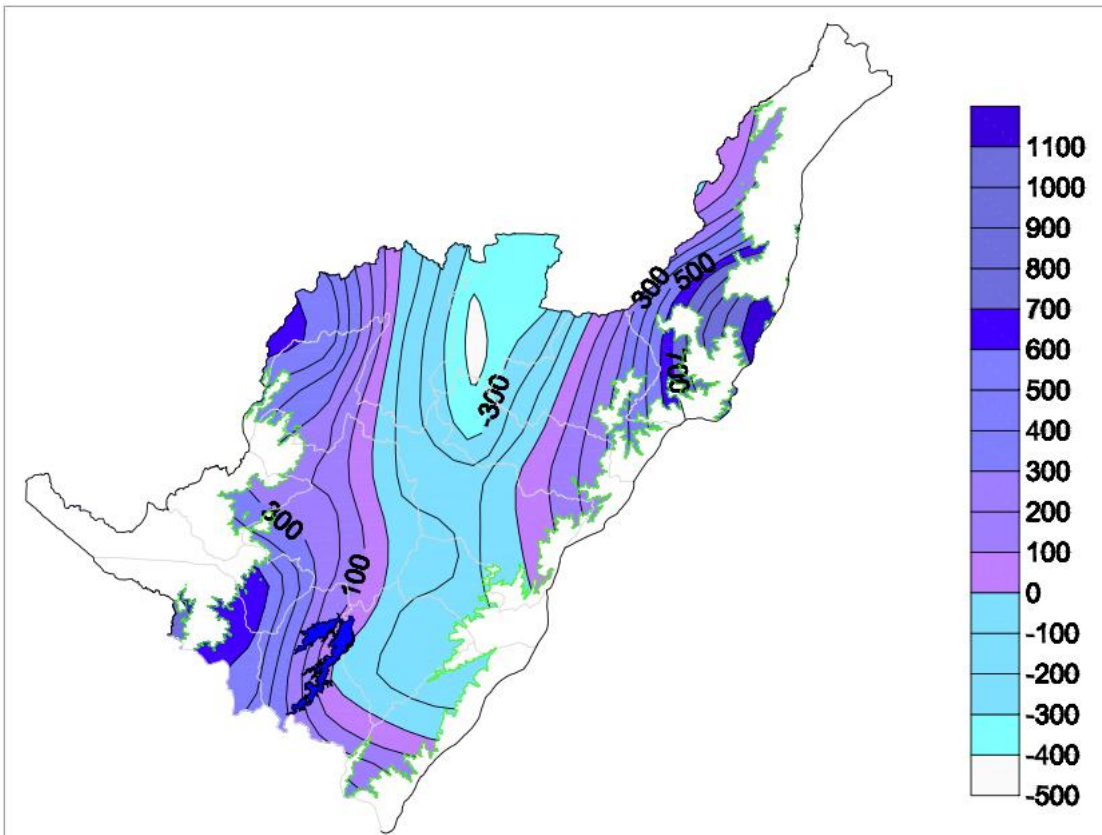


Figura 12. Mapa de balances hídricos en el norte del Departamento del Huila

4.3 ANALISIS ESTADISTICO DE LA PRECIPITACION POR ZONAS

Con el fin de caracterizar las zonas (7) en el norte del departamento del Huila, se realizó un análisis estadístico en el cual se muestra el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación de la precipitación (tabla 13).

En la tabla 13 se observa que las variaciones en los valores de precipitación son marcadas, estas diferencias se justifican en la variación de altitud, vegetación y la incidencia de fenómenos macroclimáticos entre otros; esta información es básica para los estudios y diseños de riego y drenaje de las áreas agrícolas cultivadas en el norte del Huila.

Se observa la menor dispersión de valores, desviación estándar (Sx) y coeficiente de variación (Cv) en la Zona 6, debido a que es la única que incluye solamente una estación (estación El Juncal), a diferencia de las demás Zonas estudiadas en el norte del Huila, así mismo la mayor dispersión de valores se presenta en la Zona 7, ya que ésta incluye el mayor número de estaciones climatológicas (6).

Tabla 13. Análisis estadístico de precipitación (mm) por zonas en el norte del Huila

Zona	Parámetro	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1	\bar{X}	61,9	75,8	114,5	157,9	198,5	203,9	201,0	142,6	105,2	150,5	167,8	93,5
	Sx	47,2	53,3	49,1	69,8	104,4	147,0	164,4	121,8	74,3	65,1	70,1	57,4
	Cv	76,3	70,3	42,9	44,2	52,6	72,1	81,8	85,4	70,6	43,2	41,8	61,3
2	\bar{X}	69,1	81,2	123,4	138,0	85,7	30,5	27,4	20,4	58,0	170,5	193,7	134,5
	Sx	62,6	60,5	68,7	90,8	58,9	27,0	23,8	20,8	53,8	92,4	104,3	64,5
	Cv	89,2	74,5	55,7	65,8	68,7	88,8	87,0	101,7	92,7	54,2	53,8	47,9
3	\bar{X}	145,3	167,9	190,3	222,9	166,7	81,7	63,2	50,7	101,5	225,2	242,2	151,9
	Sx	92,9	109,7	110,0	130,2	96,7	62,0	51,7	46,5	73,1	118,0	119,9	104,2
	Cv	63,9	65,3	57,8	54,4	58,0	75,9	81,9	91,6	72,0	52,4	45,5	68,6
4	\bar{X}	92,5	109,2	150,4	147,6	102,4	34,0	30,6	18,5	49,1	178,1	223,2	162,5
	Sx	70,1	101,5	91,2	87,1	85,6	32,6	32,2	22,0	50,3	113,9	129,5	95,0
	Cv	75,8	93,0	60,6	59,0	83,6	95,8	105,3	118,9	102,6	63,9	58,0	58,5
5	\bar{X}	67,4	91,4	129,1	151,2	99,8	40,2	35,1	21,3	45,0	171,3	200,5	137,7
	Sx	57,7	71,4	78,0	105,3	63,7	28,7	33,3	18,9	35,8	91,6	104,9	86,4
	Cv	84,1	78,1	60,4	69,7	63,9	71,6	94,9	88,4	79,5	53,5	52,3	62,8
6	\bar{X}	74,1	73,5	75,0	75,6	74,3	69,1	65,7	61,6	63,5	70,3	75,8	76,2
	Sx	6,0	5,5	5,0	4,2	4,5	5,7	6,1	6,0	5,9	5,9	3,8	4,3
	Cv	8,1	7,5	6,6	5,6	6,1	8,2	9,2	9,7	9,2	8,4	5,0	5,6
7	\bar{X}	138,4	130,3	172,0	180,2	130,8	64,5	52,1	36,9	64,9	180,2	227,4	185,9
	Sx	115,2	82,9	94,5	168,5	79,3	51,6	43,0	42,2	49,9	85,6	118,4	103,2
	Cv	83,2	63,7	54,9	93,5	60,6	80,1	82,5	114,4	76,9	47,5	52,1	55,5

\bar{X} : media aritmética, Sx: Desviación estándar, Cv: Coeficiente de variación

4.4 BALANCES HIDRICOS Y REQUERIMIENTOS DE RIEGO EN LOS PRINCIPALES CULTIVOS DEL NORTE DEL HUILA

Se seleccionaron nueve (9) especies de cultivos con la mayor área sembrada en el departamento, teniendo en consideración la diversificación de especies sembradas en el norte del Huila. Se calcularon las láminas netas para los distintos cultivos considerando la textura franco – arenosa, la cual es dominante en el norte del Huila, siendo de 25.58 mm para cultivos transitorios y de 51.15 mm para cultivos permanentes.

CULTIVO DE ALGODÓN. Se estimó la evapotranspiración real y la precipitación efectiva del cultivo de algodón, teniendo en cuenta el coeficiente empírico del cultivo (Kc) para cada etapa fenológica, teniendo en cuenta las características del suelo. Se utilizó la información de las estaciones localizadas en Villavieja, municipio con la mayor área sembrada en algodón en el departamento del Huila. El balance hídrico mensual multianual en los últimos 30 años, muestra que el agua disponible no es suficiente para el normal desarrollo del cultivo.

En la tabla 14, se aprecia que durante las distintas etapas del cultivo de algodón, ocurre déficit hídrico, requiriendo el suministro de riego. Para la producción, se hace necesaria la aplicación de riego semanal en las distintas etapas fenológicas del cultivo, con el fin conocer la necesidad de riego para el cultivo de algodón (lámina de agua) durante su periodo vegetativo, se estimó el uso consumo, la lámina neta y la frecuencia de riego (tabla 15).

Tabla 14. Balance hídrico mensual multianual para el cultivo de algodón

Ept (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	130,2	0,75	1,2	0,7	97,65	156,24	91,14	31,4	-66,2	-124,8	-59,7
F	123,2	0,75	1,2	0,7	92,40	147,84	86,24	39,9	-52,5	-107,9	-46,3
M	130,2	0,75	1,2	0,7	97,65	156,24	91,14	73,8	-23,9	-82,5	-17,4
A	123,0	0,75	1,2	0,7	92,25	147,60	86,10	85,4	-6,8	-62,2	-0,7
M	130,2	0,75	1,2	0,7	97,65	156,24	91,14	43,6	-54,1	-112,7	-47,6
J	132,0	0,75	1,2	0,7	99,00	158,40	92,40	8,3	-90,7	-150,1	-84,1
J	145,7	0,75	1,2	0,7	109,28	174,84	101,99	6,4	-102,9	-168,4	-95,6
A	155,0	0,75	1,2	0,7	116,25	186,00	108,50	2,3	-114,0	-183,7	-106,2
S	150,0	0,75	1,2	0,7	112,50	180,00	105,00	24,8	-87,7	-155,2	-80,2
O	136,4	0,75	1,2	0,7	102,30	163,68	95,48	111,4	9,1	-52,3	15,9
N	114,0	0,75	1,2	0,7	85,50	136,80	79,80	130,0	44,5	-6,8	50,2
D	114,7	0,75	1,2	0,7	86,03	137,64	80,29	82,6	-3,4	-55,0	2,3

Tabla 15. Necesidad de riego para el cultivo de algodón

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Número de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-2.1	-4.0	-1.9	12	6	13	2.6	4.9	2.3
F	28	-1.9	-3.9	-1.7	14	7	15	2.3	4.7	2.0
M	31	-0.8	-2.7	-0.6	33	10	46	0.9	3.2	0.7
A	30	-0.2	-2.1	0.0	112	12	---	0.3	2.5	---
M	31	-1.7	-3.6	-1.5	15	7	17	2.1	4.4	1.9
J	30	-3.0	-5.0	-2.8	8	5	9	3.7	6.1	3.4
J	31	-3.3	-5.4	-3.1	8	5	8	4.0	6.6	3.7
A	31	-3.7	-5.9	-3.4	7	4	7	4.5	7.2	4.2
S	30	-2.9	-5.2	-2.7	9	5	10	3.5	6.3	3.2
O	31	0.3	-1.7	0.5	---	15	---	---	2.0	---
N	30	1.5	-0.2	1.7	---	113	---	---	0.3	---
D	31	-0.1	-1.8	0.1	231	14	---	0.1	2.2	---

CULTIVO DE ARROZ. Este cultivo representa la mayor área sembrada en el municipio de Campoalegre, con un área cultivada de 5200 ha en el año 2014. En la tabla 16, se aprecia que el agua requerida por el cultivo del arroz es superior a la suministrada por la atmósfera, ya que los balances hídricos mensuales a excepción de noviembre, muestran déficit de agua. El periodo de mayor déficit es de junio a septiembre, lo que significa que es mayor la evapotranspiración que la precipitación.

Tabla 16. Balance hídrico mensual multianual para el cultivo de arroz

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración Real (mm)			P efectiva (mm)	Balance Hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	127,1	1,05	1,2	0,9	133,46	152,52	114,39	67,1	-66,4	-85,4	-47,3
F	114,8	1,05	1,2	0,9	120,54	137,76	103,32	71,8	-48,7	-66,0	-31,5
M	120,9	1,05	1,2	0,9	126,95	145,08	108,81	100,7	-26,2	-44,3	-8,1
A	111,0	1,05	1,2	0,9	116,55	133,20	99,90	89,7	-26,8	-43,5	-10,2
M	114,7	1,05	1,2	0,9	120,44	137,64	103,23	62,7	-57,7	-74,9	-40,5
J	117,0	1,05	1,2	0,9	122,85	140,40	105,30	14,2	-108,7	-126,2	-91,1
J	130,2	1,05	1,2	0,9	136,71	156,24	117,18	10,9	-125,8	-145,3	-106,3
A	142,6	1,05	1,2	0,9	149,73	171,12	128,34	3,6	-146,2	-167,6	-124,8
S	141,0	1,05	1,2	0,9	148,05	169,20	126,90	20,0	-128,0	-149,2	-106,9
O	130,2	1,05	1,2	0,9	136,71	156,24	117,18	106,3	-30,4	-49,9	-10,9
N	111,0	1,05	1,2	0,9	116,55	133,20	99,90	146,3	29,7	13,1	46,4
D	111,6	1,05	1,2	0,9	117,18	133,92	100,44	113,0	-4,2	-21,0	12,5

Aplicando el Kc para cada una de las etapas de desarrollo y la evapotranspiración del cultivo, se determinó el uso consumo y la frecuencia de riego. Se observa, la necesidad de aplicar riego para suplir las necesidades hídricas durante las distintas etapas de desarrollo del cultivo (tabla 17).

Tabla 17. Necesidad de riego para el cultivo de arroz

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-2.1	-2.8	-1.5	12	9	17	2.6	3.3	1.8
F	28	-1.7	-2.4	-1.1	15	11	23	2.1	2.9	1.4
M	31	-0.8	-1.4	-0.3	30	18	98	1.0	1.7	0.3
A	30	-0.9	-1.4	-0.3	29	18	75	1.1	1.8	0.4
M	31	-1.9	-2.4	-1.3	14	11	20	2.3	2.9	1.6
J	30	-3.6	-4.2	-3.0	7	6	8	4.4	5.1	3.7
J	31	-4.1	-4.7	-3.4	6	5	7	4.9	5.7	4.2
A	31	-4.7	-5.4	-4.0	5	5	6	5.7	6.6	4.9
S	30	-4.3	-5.0	-3.6	6	5	7	5.2	6.0	4.3
O	31	-1.0	-1.6	-0.4	26	16	73	1.2	2.0	0.4
N	30	1.0	0.4	1.5	---	---	---	---	---	---
D	31	-0.1	-0.7	0.4	188	38	---	0.2	0.8	---

Los meses de junio, julio, agosto y septiembre son los más deficitarios y por lo tanto la frecuencia de riego en el periodo varía entre 5 y 7 días en las distintas etapas fenológicas del cultivo.

CULTIVO DE FRIJOL. Se tomó la información climatológica del municipio de Santa María y alrededores, ya que es la zona con mayor área sembrada en frijol con un total 2070 ha. En la tabla 18, se observa que durante siete (7) meses al año, la precipitación efectiva del cultivo es mayor que la evapotranspiración real, lo que implica agua disponible para el cultivo de frijol. El mes con mayor déficit es agosto, mientras que noviembre es el mes con mayor exceso hídrico.

El balance hídrico negativo implica que el agua atmosférica disponible es inferior a la requerida para el normal desarrollo del cultivo. La etapa media es la de mayor déficit hídrico, ya que en nueve (9) meses al año su valor es negativo, lo que implica requerimientos hídricos en alguna de las etapas del cultivo.

Para el desarrollo del cultivo del frijol en el municipio de Santa María y alrededores, se requerirá la aplicación de una baja lámina de agua en la etapa inicial del cultivo puesto que los valores de la frecuencia de riego superan los 24 días en el mes, mientras que en la etapa de desarrollo media y final se necesitaría la aplicación con frecuencia de 1 a 3 riegos/mes (tabla 19).

Tabla 18. Balance hídrico mensual multianual cultivo de frijol

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	124,0	0,5	1,05	0,9	62,0	130,20	111,60	47,2	-14,8	-83,0	-64,4
F	98,0	0,5	1,05	0,9	49,0	102,90	88,20	67,5	18,5	-35,4	-20,7
M	111,6	0,5	1,05	0,9	55,8	117,18	100,44	92,1	36,3	-25,1	-8,3
A	105,0	0,5	1,05	0,9	52,5	110,25	94,50	123,6	71,1	13,3	29,1
M	105,4	0,5	1,05	0,9	52,7	110,67	94,86	99,8	47,1	-10,9	4,9
J	99,0	0,5	1,05	0,9	49,5	103,95	89,10	47,2	-2,3	-56,7	-41,9
J	105,4	0,5	1,05	0,9	52,7	110,67	94,86	25,2	-27,5	-85,5	-69,7
A	111,6	0,5	1,05	0,9	55,8	117,18	100,44	22,1	-33,7	-95,1	-78,3
S	114,0	0,5	1,05	0,9	57,0	119,70	102,60	42,5	-14,5	-77,2	-60,1
O	111,6	0,5	1,05	0,9	55,8	117,18	100,44	122,2	66,4	5,0	21,8
N	102,0	0,5	1,05	0,9	51,0	107,10	91,80	125,5	74,5	18,4	33,7
D	102,3	0,5	1,05	0,9	51,2	107,42	92,07	66,8	15,7	-40,6	-25,2

Se aclara que en los meses cuya frecuencia de riego en días resulta mayor al número de días del mes, no necesitaría aplicación de riego al cultivo, por lo tanto en la etapa inicial los requerimientos hídricos son en los meses de julio y agosto, y en la etapa media y final en los meses de enero, junio a septiembre y diciembre.

Tabla 19. Necesidad de riego para el cultivo de Frijol

MES	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-0.5	-2.7	-2.1	54	10	12	0.6	3.2	2.5
F	28	0.7	-1.3	-0.7	---	20	35	---	1.5	0.9
M	31	1.2	-0.8	-0.3	---	32	95	---	1.0	0.3
A	30	2.4	0.4	1.0	---	---	---	---	---	---
M	31	1.5	-0.4	0.2	---	73	---	---	0.4	---
J	30	-0.1	-1.9	-1.4	340	14	18	0.1	2.3	1.7
J	31	-0.9	-2.8	-2.2	29	9	11	1.1	3.3	2.7
A	31	-1.1	-3.1	-2.5	24	8	10	1.3	3.7	3.1
S	30	-0.5	-2.6	-2.0	53	10	13	0.6	3.1	2.4
O	31	2.1	0.2	0.7	---	---	---	---	---	---
N	30	2.5	0.6	1.1	---	---	---	---	---	---
D	31	0.5	-1.3	-0.8	---	20	31	---	1.6	1.0

CULTIVO DE MAIZ. En el municipio de Neiva se siembra la mayor extensión de maíz con un área total de 1720 ha/año (año 2014). La precipitación efectiva durante la mayor

parte del año es inferior a la evapotranspiración, lo que resulta en balances hídricos negativos, excepto en el mes de noviembre. El mes con mayor déficit de agua es agosto, siendo la etapa media, la más crítica. En cumplimiento de los requerimientos hídricos para el normal desarrollo del cultivo de maíz en el norte del Huila, se tendría que tener en cuenta esta información (tabla 20).

Tabla 20. Balance hídrico mensual multianual cultivo de maíz

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	139,5	0,8	1,2	0,6	111,6	167,4	83,7	58,1	-53,5	-109,3	-25,6
F	126	0,8	1,2	0,6	100,8	151,2	75,6	74,4	-26,4	-76,8	-1,2
M	124	0,8	1,2	0,6	99,2	148,8	74,4	99,1	-0,1	-49,7	24,7
A	117	0,8	1,2	0,6	93,6	140,4	70,2	99,5	5,9	-40,9	29,3
M	127,1	0,8	1,2	0,6	101,7	152,5	76,3	52,3	-49,4	-100,2	-23,9
J	144	0,8	1,2	0,6	115,2	172,8	86,4	10,2	-105,0	-162,6	-76,2
J	164,3	0,8	1,2	0,6	131,4	197,2	98,6	8,8	-122,7	-188,4	-89,8
A	176,7	0,8	1,2	0,6	141,4	212,0	106,0	1,9	-139,5	-210,1	-104,1
S	153	0,8	1,2	0,6	122,4	183,6	91,8	24,2	-98,2	-159,4	-67,6
O	124	0,8	1,2	0,6	99,2	148,8	74,4	133,3	34,1	-15,5	58,9
N	108	0,8	1,2	0,6	86,4	129,6	64,8	170,9	84,5	41,3	106,1
D	114,7	0,8	1,2	0,6	91,8	137,64	68,82	110,7	18,9	-27,0	41,9

Agosto es el mes más deficitario y noviembre el de mayor exceso hídrico (tabla 21).

Tabla 21. Necesidad de riego para el cultivo de maíz

MES	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-1.7	-3.5	-0.8	15	7	31	2.1	4.3	1.0
F	28	-0.9	-2.7	0.0	27	9	---	1.1	3.3	---
M	31	0.0	-1.6	0.8	---	16	---	---	1.9	---
A	30	0.2	-1.4	1.0	---	19	---	---	1.7	---
M	31	-1.6	-3.2	-0.8	16	8	33	1.9	3.9	0.9
J	30	-3.5	-5.4	-2.5	7	5	10	4.2	6.6	3.1
J	31	-4.0	-6.1	-2.9	6	4	9	4.8	7.4	3.5
A	31	-4.5	-6.8	-3.4	6	4	8	5.5	8.2	4.1
S	30	-3.3	-5.3	-2.3	8	5	11	4.0	6.4	2.7
O	31	1.1	-0.5	1.9	---	51	---	---	0.6	---
N	30	2.8	1.4	3.5	---	---	---	---	---	---
D	31	0.6	-0.9	1.4	---	29	---	---	1.1	---

CULTIVO TABACO. Rivera es el municipio del departamento del Huila, con mayor extensión en cultivo de tabaco, alcanzando 273 ha para el año 2014. Se utilizaron las estaciones el Juncal y Nuevo Paraíso, ya que son las que tienen la información meteorológica con influencia en la zona (tabla 22).

Tabla 22. Balance hídrico mensual multianual cultivo de tabaco

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	127,1	0,75	1,05	0,65	95,3	133,5	82,6	65,2	-30,1	-68,2	-17,4
F	117,6	0,75	1,05	0,65	88,2	123,5	76,4	77,9	-10,3	-45,5	1,5
M	124,0	0,75	1,05	0,65	93,0	130,2	80,6	106,1	13,1	-24,1	25,5
A	117,0	0,75	1,05	0,65	87,8	122,9	76,1	110,6	22,9	-12,2	34,6
M	120,9	0,75	1,05	0,65	90,7	127,0	78,6	73,1	-17,6	-53,8	-5,5
J	123,0	0,75	1,05	0,65	92,3	129,2	80,0	36,4	-55,8	-92,7	-43,5
J	130,2	0,75	1,05	0,65	97,7	136,7	84,6	25,9	-71,7	-110,8	-58,7
A	142,6	0,75	1,05	0,65	107,0	149,7	92,7	16,0	-91,0	-133,8	-76,7
S	138,0	0,75	1,05	0,65	103,5	144,9	89,7	34,4	-69,1	-110,5	-55,3
O	130,2	0,75	1,05	0,65	97,7	136,7	84,6	124,4	26,7	-12,4	39,7
N	117,0	0,75	1,05	0,65	87,8	122,9	76,1	135,5	47,7	12,6	59,4
D	120,9	0,75	1,05	0,65	90,68	126,945	78,585	105,1	14,4	-21,8	26,5

En Rivera los balances hídricos durante la mayor parte del año son negativos (déficit), lo que implica que la evapotranspiración real es mayor que la precipitación efectiva en el área cultivada. Los balances hídricos negativos indican déficit de agua para el desarrollo normal del cultivo, aunque en algunos casos estos valores son bajos, muestran la necesidad de suplir oportunamente este déficit con la aplicación de riego para evitar la disminución de la producción y la calidad del cultivo.

La tabla 23 se muestra el agua requerida o en exceso para el cultivo (uso consumo), además muestra la lámina de riego que hay que aplicar al cultivo en los meses deficitarios durante el año.

El periodo de siembra recomendado para la siembra de tabaco según la oferta hídrica ambiental, es a finales del mes de septiembre, ya que para el periodo subsiguiente existe disponibilidad de agua para suplir los requerimientos hídricos del cultivo (tabla 23). El uso consumo mensual del cultivo de tabaco resulto con valores negativos (déficits) muy cercanos a cero, es decir se requiere baja lámina de riego.

Para suelos de textura franco arenosa y la profundidad radical del cultivo de 0,5 m, la lámina neta de riego es de 25,58 mm, siendo agosto el mes más crítico del año, ya que presenta las mayores frecuencias de riego durante las distintas etapas del cultivo.

Tabla 23. Necesidad de riego para el cultivo de tabaco

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-1.0	-2.2	-0.6	26	12	46	1.2	2.7	0.7
F	28	-0.4	-1.6	0.1	70	16	---	0.4	2.0	---
M	31	0.4	-0.8	0.8	---	33	---	---	0.9	---
A	30	0.8	-0.4	1.2	---	63	---	---	0.5	---
M	31	-0.6	-1.7	-0.2	45	15	145	0.7	2.1	0.2
J	30	-1.9	-3.1	-1.5	14	8	18	2.3	3.7	1.8
J	31	-2.3	-3.6	-1.9	11	7	14	2.8	4.3	2.3
A	31	-2.9	-4.3	-2.5	9	6	10	3.6	5.2	3.0
S	30	-2.3	-3.7	-1.8	11	7	14	2.8	4.5	2.2
O	31	0.9	-0.4	1.3	---	64	---	---	0.5	---
N	30	1.6	0.4	2.0	---	---	---	---	---	---
D	31	0.5	-0.7	0.9	---	36	---	---	0.9	---

CULTIVO DE CACAO. Este cultivo es tradicional en el norte del Huila, siendo el municipio de Rivera el de mayor área de siembra en cultivo de cacao, con un total de 892,14 ha sembradas (año 2014). Se toman la información de las estaciones el Juncal y Nuevo Paraíso, como referencia para las estimaciones de uso consumo y frecuencia de riego. A diferencia del cultivo de tabaco se observa que el balance hídrico mensual resulta negativo (déficit) a excepción del mes de noviembre (exceso), lo que se infiere que en el municipio de Rivera y sus alrededores predomina la época seca, además los valores obtenidos sugieren que es necesario aplicar entre 1 a 3 riegos mensuales para el abastecimiento de agua al cultivo (tabla 24).

La tabla 25 muestra las necesidades hídricas para un adecuado desarrollo del cultivo del cacao, teniendo en cuenta el coeficiente empírico del cultivo (Kc) de cada etapa y las condiciones climáticas del municipio de Rivera; se estima el déficit de agua y se calcula la lámina de riego requerida. Los usos consumos mensuales para el cultivo de cacao son negativos (déficits), lo que indica que durante todos los meses del año a excepción de noviembre (exceso), se presenta déficit hídrico requiriéndose la dotación de riego complementario.

Se observa que en los meses de febrero, marzo, abril, mayo, octubre y diciembre se hace necesario la aplicación de un (1) riego por mes para suplir las demandas hídricas del cultivo.

Tabla 24. Balance hídrico mensual multianual cultivo de cacao

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			p efectiva	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		mm	Inicial	Media
E	127,1	1	1,05	1,05	127,1	133,455	133,455	65,2	-61,9	-68,2	-68,2
F	117,6	1	1,05	1,05	117,6	123,48	123,48	77,9	-39,7	-45,5	-45,5
M	124	1	1,05	1,05	124	130,2	130,2	106,1	-17,9	-24,1	-24,1
A	117	1	1,05	1,05	117	122,85	122,85	110,6	-6,4	-12,2	-12,2
M	120,9	1	1,05	1,05	120,9	126,945	126,945	73,1	-47,8	-53,8	-53,8
J	123	1	1,05	1,05	123	129,15	129,15	36,4	-86,6	-92,7	-92,7
J	130,2	1	1,05	1,05	130,2	136,71	136,71	25,9	-104,3	-110,8	-110,8
A	142,6	1	1,05	1,05	142,6	149,73	149,73	16,0	-126,6	-133,8	-133,8
S	138	1	1,05	1,05	138	144,9	144,9	34,4	-103,6	-110,5	-110,5
O	130,2	1	1,05	1,05	130,2	136,71	136,71	124,4	-5,8	-12,4	-12,4
N	117	1	1,05	1,05	117	122,85	122,85	135,5	18,5	12,6	12,6
D	120,9	1	1,05	1,05	120,9	126,945	126,945	105,1	-15,8	-21,8	-21,8

Tabla 25. Necesidad de riego para el cultivo de cacao

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-2.0	-2.2	-2.2	26	23	23	1.2	1.3	1.3
F	28	-1.4	-1.6	-1.6	36	31	31	0.9	1.0	1.0
M	31	-0.6	-0.8	-0.8	89	66	66	0.3	0.5	0.5
A	30	-0.2	-0.4	-0.4	241	126	126	0.1	0.2	0.2
M	31	-1.5	-1.7	-1.7	33	29	29	0.9	1.1	1.1
J	30	-2.9	-3.1	-3.1	18	17	17	1.7	1.9	1.9
J	31	-3.4	-3.6	-3.6	15	14	14	2.0	2.2	2.2
A	31	-4.1	-4.3	-4.3	13	12	12	2.5	2.6	2.6
S	30	-3.5	-3.7	-3.7	15	14	14	2.1	2.2	2.2
O	31	-0.2	-0.4	-0.4	271	128	128	0.1	0.2	0.2
N	30	0.6	0.4	0.4	---	---	---	---	---	---
D	31	-0.5	-0.7	-0.7	101	73	73	0.3	0.4	0.4

CULTIVO DE CAFÉ. El municipio de Algeciras presenta la mayor área sembrada de café con un total de 6024,9 ha, y las estaciones de influencia son Los Rosales y Nuevo Paraíso; se considera el suelo con textura dominante franco arenosa (tabla 26).

Tabla 26. Balance hídrico mensual multianual cultivo de café

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	127,1	1,05	1,1	1,1	133,5	139,8	139,8	51,7	-81,8	-88,1	-88,1
F	114,8	1,05	1,1	1,1	120,5	126,3	126,3	59,1	-61,4	-67,2	-67,2
M	120,9	1,05	1,1	1,1	126,9	133,0	133,0	86,4	-40,5	-46,6	-46,6
A	111	1,05	1,1	1,1	116,6	122,1	122,1	88,5	-28,1	-33,6	-33,6
M	114,7	1,05	1,1	1,1	120,4	126,2	126,2	68,0	-52,5	-58,2	-58,2
J	117	1,05	1,1	1,1	122,9	128,7	128,7	34,9	-88,0	-93,8	-93,8
J	130,2	1,05	1,1	1,1	136,7	143,2	143,2	26,5	-110,2	-116,8	-116,8
A	142,6	1,05	1,1	1,1	149,7	156,9	156,9	16,9	-132,8	-139,9	-139,9
S	141	1,05	1,1	1,1	148,1	155,1	155,1	28,6	-119,4	-126,5	-126,5
O	130,2	1,05	1,1	1,1	136,7	143,2	143,2	90,7	-46,0	-52,5	-52,5
N	111	1,05	1,1	1,1	116,6	122,1	122,1	118,0	1,5	-4,1	-4,1
D	111,6	1,05	1,1	1,1	117,18	122,8	122,76	88,0	-29,1	-34,7	-34,7

La evaporación y por ende la evapotranspiración del cultivo de café es superior a la precipitación, resultando balances hídricos negativos (déficits), lo que indica que en las distintas etapas del cultivo, se requiere la dotación y el suministro de riego. La tabla 27 muestra las necesidades hídricas del cultivo del café para su adecuado desarrollo, teniendo en cuenta el Kc en las distintas etapas y las condiciones climáticas del municipio de Rivera.

Tabla 27. Necesidad de riego para el cultivo de café

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-2.6	-2.8	-2.8	19	18	18	1.6	1.7	1.7
F	28	-2.2	-2.4	-2.4	23	21	21	1.3	1.5	1.5
M	31	-1.3	-1.5	-1.5	39	34	34	0.8	0.9	0.9
A	30	-0.9	-1.1	-1.1	55	46	46	0.6	0.7	0.7
M	31	-1.7	-1.9	-1.9	30	27	27	1.0	1.1	1.1
J	30	-2.9	-3.1	-3.1	17	16	16	1.8	1.9	1.9
J	31	-3.6	-3.8	-3.8	14	14	14	2.2	2.3	2.3
A	31	-4.3	-4.5	-4.5	12	11	11	2.6	2.7	2.7
S	30	-4.0	-4.2	-4.2	13	12	12	2.4	2.6	2.6
O	31	-1.5	-1.7	-1.7	34	30	30	0.9	1.0	1.0
N	30	0.0	-0.1	-0.1	---	376	376	---	0.1	0.1
D	31	-0.9	-1.1	-1.1	54	46	46	0.6	0.7	0.7

La lámina neta de riego para el cultivo del café es de 51,15 mm y según el uso consumo hay necesidad de aplicar de 1 a 3 riegos mensuales. Como el cultivo es permanente, se podría ajustar la frecuencia de riego aplicando menor cantidad de agua, dada una frecuencia de riego (tabla 27).

CULTIVO DE CAÑA PANELERA. En el municipio de Neiva se dispone de la mayor área sembrada con caña panelera con un total de 700 ha en el año 2014, por lo cual se toma como referencia para las estimaciones pertinentes, la estación Benito Salas (tabla 28).

Según la tabla 28, se observa que en la etapa inicial existen cuatro (4) meses con déficit hídrico para el cultivo (junio a septiembre), en la etapa media existen once (11) meses deficitarios a excepción de noviembre, y en la etapa final siete (7) meses deficitarios así: enero, febrero y mayo a septiembre. Esto muestra que durante la etapa media es necesario proveer los mayores cuidados para la disponibilidad y suministro de agua al cultivo de caña de azúcar (tabla 28).

Tabla 28. Balance hídrico mensual multianual cultivo de caña

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		etapa			etapa				etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	139,5	0,4	1,25	0,75	55,8	174,4	104,6	58,1	2,3	-116,2	-46,5
F	126	0,4	1,25	0,75	50,4	157,5	94,5	74,4	24,0	-83,1	-20,1
M	124	0,4	1,25	0,75	49,6	155,0	93,0	99,1	49,5	-55,9	6,1
A	117	0,4	1,25	0,75	46,8	146,3	87,8	99,5	52,7	-46,7	11,8
M	127,1	0,4	1,25	0,75	50,8	158,9	95,3	52,3	1,5	-106,6	-43,0
J	144	0,4	1,25	0,75	57,6	180,0	108,0	10,2	-47,4	-169,8	-97,8
J	164,3	0,4	1,25	0,75	65,7	205,4	123,2	8,8	-57,0	-196,6	-114,5
A	176,7	0,4	1,25	0,75	70,7	220,9	132,5	1,9	-68,8	-219,0	-130,6
S	153	0,4	1,25	0,75	61,2	191,3	114,8	24,2	-37,0	-167,1	-90,6
O	124	0,4	1,25	0,75	49,6	155,0	93,0	133,3	83,7	-21,7	40,3
N	108	0,4	1,25	0,75	43,2	135,0	81,0	170,9	127,7	35,9	89,9
D	114,7	0,4	1,25	0,75	45,9	143,4	86,0	110,7	64,8	-32,7	24,7

Según la tabla 29, la etapa de desarrollo con mayor necesidad de riego es la etapa media, cuya frecuencia varía entre 7 días (mes de agosto) y 73 días (mes octubre), en la etapa inicial durante cuatro (4) meses (junio a septiembre) habría necesidad de riego, puesto que durante el resto del periodo, el agua disponible supe las necesidades hídricas del cultivo, y durante el periodo de junio a septiembre es necesario el suministro de riego para suplir las deficiencias hídricas del cultivo.

Tabla 29. Necesidad de riego para el cultivo de caña panelera

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	0.1	-3.7	-1.5	---	14	34	---	2.3	0.9
F	28	0.9	-3.0	-0.7	---	17	71	---	1.8	0.4
M	31	1.6	-1.8	0.2	---	28	---	---	1.1	---
A	30	1.8	-1.6	0.4	---	33	---	---	0.9	---
M	31	0.0	-3.4	-1.4	---	15	37	---	2.1	0.8
J	30	-1.6	-5.7	-3.3	32	9	16	1.0	3.4	2.0
J	31	-1.8	-6.3	-3.7	28	8	14	1.1	3.8	2.2
A	31	-2.2	-7.1	-4.2	23	7	12	1.3	4.3	2.6
S	30	-1.2	-5.6	-3.0	41	9	17	0.7	3.4	1.8
O	31	2.7	-0.7	1.3	---	73	---	---	0.4	---
N	30	4.3	1.2	3.0	---	---	---	---	---	---
D	31	2.1	-1.1	0.8	---	49	---	---	0.6	---

CULTIVO DE CÍTRICOS. El cultivo de cítricos tiene la mayor extensión de siembra en el municipio de Neiva con un total de 114 ha (año 2014), de los cuales hacen parte los cultivos de naranja, limón, mandarina y toronja entre otros (tabla 30).

En los balances hídricos mensuales se aprecia que durante la mayor parte del año, la evapotranspiración del cultivo supera la precipitación, lo que significa déficit hídrico para el normal desarrollo de los cítricos; el mayor déficit de agua ocurre en agosto a diferencia de noviembre, mes con la mayor disponibilidad hídrica (tablas 30 y 31).

Tabla 30. Balance hídrico mensual multianual cultivo de cítricos

ETP (mm)		Kc			Evapotranspiración real (mm)			P efectiva (mm)	Balance hídrico (mm)		
		Etapa			etapa				Etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final		Inicial	Media	Final
E	139,5	0,85	0,85	0,85	118,6	118,6	118,6	58,1	-60,4	-60,4	-60,4
F	126	0,85	0,85	0,85	107,1	107,1	107,1	74,4	-32,7	-32,7	-32,7
M	124	0,85	0,85	0,85	105,4	105,4	105,4	99,1	-6,3	-6,3	-6,3
A	117	0,85	0,85	0,85	99,5	99,5	99,5	99,5	0,1	0,1	0,1
M	127,1	0,85	0,85	0,85	108,0	108,0	108,0	52,3	-55,7	-55,7	-55,7
J	144	0,85	0,85	0,85	122,4	122,4	122,4	10,2	-112,2	-112,2	-112,2
J	164,3	0,85	0,85	0,85	139,7	139,7	139,7	8,8	-130,9	-130,9	-130,9
A	176,7	0,85	0,85	0,85	150,2	150,2	150,2	1,9	-148,3	-148,3	-148,3
S	153	0,85	0,85	0,85	130,1	130,1	130,1	24,2	-105,9	-105,9	-105,9
O	124	0,85	0,85	0,85	105,4	105,4	105,4	133,3	27,9	27,9	27,9
N	108	0,85	0,85	0,85	91,8	91,8	91,8	170,9	79,1	79,1	79,1
D	114,7	0,85	0,85	0,85	97,495	97,495	97,495	110,7	13,2	13,2	13,2

La tabla 31 muestra la necesidad hídrica del cultivo de cítricos para su normal desarrollo, teniendo en cuenta el Kc de cada una de las etapas del cultivo y las condiciones climáticas del municipio de Neiva.

Tabla 31. Necesidad de riego para el cultivo de cítricos

Mes	Días	Uso Consumo			Frecuencia de Riego (días)			Numero de riegos		
		etapa			etapa			etapa		
		Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final	Inicial	Media	Final
E	31	-1.9	-1.9	-1.9	26	26	26	1.2	1.2	1.2
F	28	-1.2	-1.2	-1.2	44	44	44	0.7	0.7	0.7
M	31	-0.2	-0.2	-0.2	252	252	252	0.1	0.1	0.1
A	30	0.0	0.0	0.0	---	---	---	---	---	---
M	31	-1.8	-1.8	-1.8	28	28	28	1.1	1.1	1.1
J	30	-3.7	-3.7	-3.7	14	14	14	2.3	2.3	2.3
J	31	-4.2	-4.2	-4.2	12	12	12	2.6	2.6	2.6
A	31	-4.8	-4.8	-4.8	11	11	11	2.9	2.9	2.9
S	30	-3.5	-3.5	-3.5	14	14	14	2.1	2.1	2.1
O	31	0.9	0.9	0.9	---	---	---	---	---	---
N	30	2.6	2.6	2.6	---	---	---	---	---	---
D	31	0.4	0.4	0.4	---	---	---	---	---	---

Estimada la frecuencia de riego para el cultivo de cítricos en el municipio de Neiva, se observa déficit hídrico durante el periodo de junio a septiembre, requiriéndose la dotación y suministro de riego durante este periodo del año.

El cultivo de cítricos es sensible a los cambios de humedad en el suelo, por lo tanto se hace necesaria el suministro oportuno y adecuado de riego en las distintas etapas del cultivo para el normal desarrollo de la plantación.

En la tabla 32 se presentan los nueve (9) cultivos con mayor área sembrada en el norte del Huila; el suelo predominante es el franco arenoso, además para los cultivos semestrales (algodón, arroz, frijol, maíz y tabaco), se requiere una lámina neta de riego de 25,6 mm y para los cultivos permanentes ésta lamina se duplica con un valor de 51,2 mm, debido a la mayor profundidad radicular de los cultivos siendo de 0,5 m y 1,0 m respectivamente.

Para los valores de balance hídrico, frecuencia de riego (Fr) y número de riegos (Nr), se consideró el mes más crítico en precipitación correspondiente a agosto, mes en el cual los cultivos tienen el mayor déficit hídrico y por tal razón la frecuencia de riego es la más elevada en el año.

Tabla 32. Resumen comparativo de los cultivos del norte del Huila

Cultivo	Área (ha)	Zona	Lamina neta (mm)	Balance hídrico (mm)			Fr (días)			N° riegos		
				Inicial	Media	Final	Inicial	Media	final	Inicial	Media	Final
Algodón	664,35	2	25,6	-114,0	-183,7	-106,2	7	4	7	4.5	7.2	4.2
Arroz	5200	7	25,6	-146,2	-167,6	-124,8	5	5	6	5.7	6.6	4.9
Frijol	2070	3	25,6	-33,7	-95,1	-78,3	24	8	10	1.3	3.7	3.1
Maíz	1720	4	25,6	-139,5	-210,1	-104,1	6	4	8	5.5	8.2	4.1
Tabaco	273	6	25,6	-91,0	-133,8	-76,7	9	6	10	3.6	5.2	3.0
Cacao	892,14	6	51,2	-126,6	-133,8	-133,8	13	12	12	2.5	2.6	2.6
Café	6024,9	7	51,2	-132,8	-139,9	-139,9	12	11	11	2.6	2.7	2.7
Caña	700	4	51,2	-68,8	-219,0	-130,6	23	7	12	1.3	4.3	2.6
Cítricos	114	4	51,2	-148,3	-148,3	-148,3	11	11	11	2.9	2.9	2.9

Nota: La textura de suelo dominante considerada para las distintas áreas de cultivo en el norte del Huila, es la franco arenosa.

En el balance hídrico se consideró el mes más crítico, siendo el mes de agosto.

Se observa que todos los cultivos requieren la dotación y aplicación de riego, puesto que la precipitación es inferior al requerimiento hídrico del cultivo, se aprecia también que la lámina de riego varía para los distintos cultivos.

5. CONCLUSIONES

Los balances hídricos climáticos en las áreas del norte del departamento del Huila ubicadas a elevaciones inferiores a 650 m.s.n.m. alcanzan déficit hídrico de 400 mm/año, mientras que las áreas superiores a la altitud mencionada, presentan exceso hídrico superior a 1100 mm/año.

El régimen de lluvias en el norte del departamento del Huila es bimodal, siendo los meses de abril y diciembre los de mayor precipitación, mientras que el mayor periodo seco corresponde a julio – septiembre, siendo agosto el más crítico.

El cultivo con mayor déficit hídrico en el norte del Huila, es el cultivo de arroz, el cual requiere riego permanente; caso contrario ocurre con el cultivo del frijol el cual presenta el menor déficit hídrico.

Un total de 298.365,63 hectáreas presentan déficit hídrico equivalente al 43,05% del área norte del departamento del Huila, mientras que 394.811,37 hectáreas tienen exceso hídrico (56,95%).

Se caracterizan siete (7) zonas agroclimáticas para riego en el norte del departamento del Huila cuya precipitación es altamente variable, especialmente en los últimos años con incidencia importante de los efectos del cambio climático.

6. RECOMENDACIONES

Se recomienda a los agricultores del norte del Huila, iniciar la siembra de los cultivos a finales del mes de septiembre y proveer como mínimo una lámina de agua de 33.7 mm correspondiente a 337 m³ de agua por hectárea.

La escasez de información meteorológica en el norte del departamento del Huila dificulta la caracterización hidroclimatológica y la definición de las áreas con exceso o déficit hídrico. Se recomienda complementar y promover investigaciones sobre la caracterización hidroclimatológica en otras zonas del departamento del Huila para la estimación de los balances hídricos en el departamento.

Incentivar la instalación de estaciones meteorológicas completas que integren todos los elementos del clima como evaporación, brillo solar, velocidad del viento, humedad relativa y demás parámetros necesarios para una adecuada estimación de la evapotranspiración potencial con miras a obtener balances hídricos más confiables.

Se recomienda el diagnóstico de riego y drenaje por municipio teniendo en cuenta la caracterización edafoclimática (parámetros de suelo, clima y cultivo) y las condiciones climáticas (estaciones completas), en la búsqueda de resultados más confiables.

Realizar comparación de la disponibilidad de agua atmosférica entre años con fenómenos Niño, Niña y años normales, con el fin de mitigar estos periodos y así controlar los excesos o déficits de agua, especialmente relacionadas con la producción agrícola.

7. BIBLIOGRAFIA

- Bateman, A. (2007). Hidrologia Basica y Aplicada. Recuperado el 20 de octubre de 2015, de <http://www.upct.es/~minaeees/hidrologia.pdf>
- Cadena, D. (2007). Modelación de balances agroclimáticos en distritos de riego del norte del departamento del Huila con fines de optimizar el manejo de los recursos agua - suelo en el rendimiento de los cultivos. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo: Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos: Estudio FAO Riego y Drenaje 56. Roma, Italia. ROMA.
- FAO (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Roma - Italia.
- FAO (2007). Secuestro de carbono en tierras aridas. En FAO, Las tierras áridas del mundo (págs. 9-18). Roma.
- Gasca, C., & Trijillo, O. (2007). Estimación de las demandas hídricas en el cultivo del tabaco en el municipio de Campoalegre departamento del Huila. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.
- Giraldo, V. A. (2015). Identificación y selección de la fórmula empírica de evapotranspiración potencial con mayor ajuste para el departamento del Huila. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.
- Gobernacion del Huila. (s.f.). Recuperado el 09 de 10 de 2015, de Relieve y Clima: <http://www.huila.gov.co/conoce-el-huila/relieve-y-clima.html>
- Grupo de Investigación Hidroingeniería y Desarrollo Agropecuario - GHIDA. (2007). Agricultura del cambio climático en el Huila. Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.
- Infoagro. (s.f.). Recuperado el 13 de Octubre de 2015, de www.infoagro.com
- Quimbaya, F. (2011). Estimación de los requerimientos hídricos en el cultivo de maracuyá. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.

- Ramirez, J. (2010). Diseño del Sistema de Riego por Microaspersión y Goteo en el predio San Carlos Municipio de Campoalegre-Huila. Tesis de grado, Facultad de Ingeniería, Universidad Surcolombiana. Neiva - Huila.
- Rojas, R. (2010). Las Relaciones Agua-Suelo-Planta-Atmosfera en Planificación, Diseño y Manejos de Proyectos de Aguas y Tierras. Merida, Merida, Venezuela.
- Tosso, T. (1976). Determinación de evapotranspiración y coeficiente K para varios cultivos. Santiago.
- Troyo, E., Mercado, G., Cruz, A., Nieto, A., Valdez, R., Garcia, J., y otros. (2014). Análisis de la sequía y desertificación mediante índices de aridez y estimación de la brecha hídrica en Baja California Sur, noroeste de México. Investigaciones Geograficas, 66-81.
- Universidad de Ginebra. (s.f.). The water balance across altitudes. Recuperado el 12 de Noviembre de 2015, de http://tecfaetu.unige.ch/staf/staf-k/benetos/staf15/per2project/docs/stat_doc4.html
- UPM. (s.f.). UPM. Recuperado el 20 de 10 de 2015, de UPM: <http://ocw.upm.es/ingenieria-agroforestal/climatologia-aplicada-a-la-ingenieria-y-medioambiente/contenidos/tema-7/PRECIPITACION-EFECTIVA.pdf>

ANEXOS

ANEXO A. Principales cultivos y áreas en el norte del departamento del Huila - semestre A del 2014.

MUNICIPIOS	ÁREA SEMBRADA (hectáreas)								
	CULTIVOS SEMESTRALES					CULTIVOS PERMANENTES			
	ALGODON	ARROZ	FRIJOL	MAIZ	TABACO	CACAO	CAFÉ	CAÑA PANELERA	CITRICOS
NORTE	1737.24	13252	5571	6842	693	4266.05	32061.91	2624.1	479
Neiva	77.4	410	982	1720	22	472	3982.31	707.5	119
Aipe	86.9	715	40	350	0	44	1030.29	77	41
Algeciras	0	5	401	795	142	385.5	6024.88	277	26
Baraya	0	130	175	305	0	321.2	821.26	135	23.5
Campoalegre	603.99	5200	220	1042	243	461.23	1835.24	166.5	43
Colombia	0	0	691	516	0	282.5	1796.64	355	20.5
Hobo	0	305	19	55	8	90.55	1075.42	17	7.5
Iquira	0	12	312	309	0	195.5	2609.51	120.6	0
Palermo	210.5	3050	140	410	5	236.27	2556.84	153	13
Rivera	0	350	135	288	273	892.14	806.81	162	46.5
Santa María	0	0	2070	152	0	128	3212.67	216	8
Tello	94.1	935	326	410	0	518.16	3435.82	158	45
Teruel	0	20	55	190	0	157	2874.22	78	21
Villavieja	664.35	1620	0	260	0	26	0	1.5	55
Yaguará	0	500	5	40	0	56	0	0	10

Fuente: Ministerio de Agricultura y Minería del Departamento del Huila (2014)

Anexo B. Precipitación y evapotranspiración potencial media mensual multianual de las estaciones meteorológicas seleccionadas en el norte del departamento del Huila

MES	PRECIPITACION (mm) EN ESTACIONES DEL NORTE DEL HUILA								
	MIRAFLORES	LA LEGIOSA	PEREZ HDA	SAN ALFONSO	VILLAVIEJA FCC	PRAGA	SANTA MARIA	LAS HERRERAS	APTO BENITO SALAS
E	57.4	66.4	73.6	62.5	71.1	168.3	90.3	177.2	103.9
F	60.4	91.3	82.9	73.0	87.6	173.2	115.7	214.8	124.3
M	90.7	138.3	117.9	129.7	122.8	225.7	146.4	198.8	155.1
A	115.4	200.5	139.9	132.7	141.5	249.8	185.7	233.2	155.7
M	123.2	273.7	86.3	78.4	92.5	181.0	156.0	163.1	96.6
J	80.7	327.2	30.8	29.5	31.2	63.7	90.3	91.2	33.6
J	62.5	339.5	25.6	27.7	28.8	54.6	58.7	76.1	31.3
A	39.1	246.2	20.4	19.0	21.9	49.3	53.5	49.3	19.8
S	40.5	170.0	55.8	55.8	62.4	110.3	84.4	110.0	57.0
O	136.2	164.9	183.6	165.0	162.9	269.2	184.0	222.4	197.8
N	150.5	185.2	190.2	202.2	188.8	283.5	188.1	254.9	244.8
D	71.5	115.5	140.3	130.5	132.7	195.8	114.8	226.1	169.6

MES	PRECIPITACION (mm) EN ESTACIONES DEL NORTE DEL HUILA									
	HATO MILAGRO	HATO BOGOTA	BARAYA	JUNCAL EL	NUEVO PARAISO	ARCADIA LA	LOS ROSALES	EL HOBDO	YAGUARA	STA ROSA HDA
E	81.0	74.1	60.7	152.7	72.9	138.8	118.9	111.4	167.6	221.1
F	94.1	93.5	89.4	163.1	94.3	135.8	116.0	126.0	155.3	154.4
M	145.7	138.8	119.4	203.7	124.2	170.5	154.4	160.0	216.3	206.5
A	139.5	145.6	156.8	198.8	140.3	196.4	143.3	143.5	179.1	278.6
M	108.1	95.0	104.6	116.0	129.3	171.0	103.1	116.3	123.4	141.5
J	34.5	32.5	47.8	44.7	108.8	113.8	40.8	39.8	39.7	44.2
J	29.9	30.7	39.5	33.9	85.9	88.2	35.7	34.0	37.0	31.9
A	17.1	15.1	27.6	19.8	66.8	73.1	22.9	22.3	18.0	18.1
S	41.1	43.8	46.2	63.9	84.0	84.4	44.7	55.3	47.3	73.6
O	158.4	181.4	161.2	245.3	128.1	217.4	161.2	167.0	192.9	214.3
N	201.5	209.6	191.3	262.4	138.8	214.9	218.7	209.4	273.7	308.6
D	155.3	151.4	123.9	220.0	105.3	151.1	177.3	167.6	234.5	279.5

MES	EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL (mm) EN ESTACIONES DEL NORTE DEL HUILA						
	LA LEGIOSA	SAN ALFONSO	STA MARIA	APTO BENITO SALAS	PALACIO VEGALARGA	JUNCAL EL	LOS ROSALES
E	96.1	130.2	124	139.5	108.5	127.1	127.1
F	86.8	123.2	98	126	98	117.6	114.8
M	86.8	130.2	111.6	124	105.4	124	120.9
A	81	123	105	117	96	117	111
M	77.5	130.2	105.4	127.1	102.3	120.9	114.7
J	69	132	99	144	99	123	117
J	71.3	145.7	105.4	164.3	102.3	130.2	130.2
A	83.7	155	111.6	176.7	114.7	142.6	142.6
S	90	150	114	153	111	138	141
O	93	136.4	111.6	124	105.4	130.2	130.2
N	81	114	102	108	90	117	111
D	83.7	114.7	102.3	114.7	96.1	120.9	111.6
Total	999.9	1584.6	1289.9	1618.3	1228.7	1508.5	1472.1