

**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**



**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO
EN LA CORRIENTE EL ALBADÁN, MUNICIPIO DE RIVERA, DEPARTAMENTO
DEL HUILA**

TRABAJO DE GRADO

**JUAN ROJAS MUÑOZ
OSCAR JAVIER MONCAYO CALDERÓN**

Neiva, 2011



**UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRÍCOLA**

**PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN Y USO EFICIENTE DEL RECURSO HÍDRICO
EN LA CORRIENTE EL ALBADÁN, MUNICIPIO DE RIVERA, DEPARTAMENTO
DEL HUILA**

TRABAJO DE GRADO

AUTORES:

Juan Rojas Muñoz
Oscar Javier Moncayo Calderón

Director: M. Sc. Jaime Izquierdo Bautista

Neiva, 2011

Nota de Aceptación

DIRECTOR:

ING. JAIME IZQUIERDO BAUTISTA
M.Sc. Ingeniería Civil

JURADOS:

ING. MIGUEL GERMAN CIFUENTES PERDOMO
Especialista Ingeniería de Irrigación

ING. GILBERTO ALVAREZ LINARES
Especialista Ingeniería de Irrigación

Neiva, Enero 26 de 2011

DEDICATORIA

En primera instancia a Dios por ser mi fortaleza y guiarme en el camino de la vida.

A mis padres Carlos Moncayo y Filonila Calderón, por creer y confiar en mí, quienes con su constante apoyo me han permitido culminar una etapa más en la vida y formarme como profesional. A mis hermanos por sus consejos y apoyo.

Oscar Javier Moncayo Calderón

A mis padres Celico Rojas y Elicenia Muñoz, por su constante esfuerzo, su dedicación y cariño. A mis hermanos y hermanas por su apoyo incondicional y su comprensión. A todas aquellas personas con las que he tenido el privilegio de compartir parte de mi vida.

Juan Rojas Muñoz

AGRADECIMIENTOS

A los docentes del programa de Ingeniería Agrícola, por su misión formadora. A mi compañero de Trabajo de grado Juan Rojas Muñoz, por sus conocimientos y su familia.

Oscar Javier Moncayo Calderón

A los docentes del programa de ingeniería agrícola por contribución a mi formación profesional. A Oscar Javier Moncayo Calderón por su compromiso en la realización del proyecto y su invaluable amistad, comprensión y tolerancia.

Juan Rojas Muñoz

Los Ingenieros de la Cam (Carlos Vargas, William Pinto, Jesús Vásquez, Cesar Barreiro), por su colaboración en la fase de recolección de la información.

Ing. Miguel Germán Cifuentes Perdomo, por su aporte.

Ing. Jaime Izquierdo Bautista, director del proyecto por su apoyo.

Ing. Renso Alfredo Aragón C., por su amistad y colaboración.

Ing. Jonathan Romero C., por sus aportes.

Gladys Quino, secretaria del programa Ingeniería Agrícola por su paciencia y colaboración en el transcurso de formación académica como ingenieros.

y por último y no menos importante a las demás personas que hicieron posible el desarrollo de este proyecto, a todos ellos mil gracias.

Los Autores

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS	VII
LISTA DE FIGURAS.....	VII
LISTA DE CUADROS.....	VIII
LISTA DE GRÁFICAS.....	IX
LISTA DE ANEXOS	X
RESUMEN	XI
INTRODUCCIÓN	12
1. REVISIÓN DE LITERATURA	14
1.1 GENERALIDADES.....	14
1.1.1 CUENCA HIDROGRÁFICA	14
1.1.2 OFERTA HÍDRICA SUPERFICIAL O CAUDAL BASE DE REPARTO	14
1.1.3 CAUDAL DE DISEÑO	15
1.1.4 OBRAS DE CAPTACIÓN.....	15
1.1.5 CAUDAL ECOLÓGICO.....	15
1.1.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	15
1.1.7 FACTORES QUE AFECTAN LA EVAPOTRANSPIRACIÓN	16
1.2 MARCO NORMATIVO.....	16
1.3 ENFOQUE HIDROLÓGICO EN EL USO DEL AGUA.....	16
1.4 SITUACION ACTUAL POR USO DEL AGUA EN EL ALBADÁN	18
1.5 ANTECEDENTES	18
2. METODOLOGÍA.....	19
2.1 LOCALIZACIÓN.....	19
2.2 MÉTODOS	20
3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
3.1 CARACTERISTICAS HIDROCLIMATOLOGICAS.....	22
3.1.1 TEMPERATURA.....	23
3.1.2 HUMEDAD RELATIVA	24
3.1.3 BRILLO SOLAR	25
3.1.4 VELOCIDAD DEL VIENTO	25
3.1.5 PRECIPITACIÓN.....	26
3.1.6 EVAPOTRANSPIRACIÓN.....	27
3.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO	29
3.2.1 ACTIVIDADES REALIZADAS Y ASPECTOS TÉCNICOS EVALUADOS	29
3.3 CARACTERISTICAS DEL SUELO	31
3.3.1 SITIOS DE MUESTREO	31
3.3.2 INFILTRACIÓN.....	31
3.4 BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA	32
3.5 HIDROGRAFÍA.....	35
3.5.1 ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA.....	35
3.5.2 ANÁLISIS HIDROLÓGICO A PARTIR DE LA MORFOLOGÍA DE LA SUBCUENCA	35
3.5.2.1 Área y perímetro de la subcuenca.....	35
3.5.2.2 Densidad de drenaje.....	35
3.5.2.3 Pendiente media del cauce.....	35

3.5.2.4	Pendiente media de la subcuenca.....	36
3.5.2.5	Longitud del cauce principal	36
3.5.2.6	Forma de la Subcuenca	36
3.5.2.7	Tiempo de concentración de las aguas.....	36
3.5.3	ESTIMACIÓN DE CAUDALES MEDIOS, MÁXIMOS Y MÍNIMOS	37
3.5.4	AFOROS DE CAUDAL REALIZADO EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	38
3.6	DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES	39
3.6.1	OFERTA HÍDRICA NETA O CAUDAL BASE DE REPARTO	39
3.6.2	CAUDAL A CONSERVAR EN LA FUENTE O CAUDAL ECOLÓGICO	40
3.6.3	CAUDAL DE DEMANDA	40
3.7	PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO.....	40
3.8	CUADRO DE DISTRIBUCION DE CAUDALES.....	41
3.9	OBRAS DE CAPTACIÓN Y CONTROL.....	44
3.9.1	DISEÑO DEL CANAL DE CAPTACIÓN.....	44
3.9.2	DISEÑO DE LA ESTRUCTURA DE MEDICIÓN. CANALETA PARSHALL	44
3.9.3	COMPUERTA.....	45
3.9.4	VERTEDERO DE EXCESOS.....	45
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	46
4.1	PAUTAS PARA EL USO EFICIENTE Y AHORRO DEL AGUA	47
	BIBLIOGRAFÍA.....	48
	ANEXOS	52

LISTA DE TABLAS

Tabla 1	Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad.....	69
Tabla 2	Determinación de valores de λ para diferentes tipos de suelos	69

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica del área de estudio	19
Figura 2	Subcuenca El Albadán.....	34

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1 Estaciones meteorológicas empleadas para la determinación del análisis climático de la subcuenca de la quebrada El Albadán	22
Cuadro 2 Información Climatológica para el área de estudio.....	23
Cuadro 3 Valores medios mensuales multianuales de ET_0	27
Cuadro 4 Valores medios mensuales multianuales de ETP	28
Cuadro 5 Canales localizados en la quebrada El Albadán	30
Cuadro 6 Sitios de muestreo de suelos en el área de estudio	31
Cuadro 7 Síntesis de las características del suelo del área de estudio	32
Cuadro 8 Módulos de consumo y caudal requerido	33
Cuadro 9 Características morfométricas de la subcuenca de la quebrada El Albadán en su totalidad y por subdivisiones	36
Cuadro 10 Caudales medios.....	37
Cuadro 11 Caudales máximos.....	37
Cuadro 12 Caudales mínimos.....	38
Cuadro 13 Aforos puntuales realizados	39
Cuadro 14 Distribución de caudales y turnos de riego por cultivo	41
Cuadro 15 Codificación sistema de conducción de aguas quebrada El Albadán ..	41
Cuadro 16 Distribución de caudales para la corriente El Albadán	42
Cuadro 17 Sección hidráulica óptima para canales rectangulares	44

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1 Promedios mensuales multianuales de Temperatura de la estación Apto Benito Salas	23
Gráfica 2 Promedios mensuales multianuales de Humedad Relativa de la estación Apto Benito Salas.....	24
Gráfica 3 Promedios mensuales multianuales de Brillo Solar de la estación Apto Benito Salas	25
Gráfica 4 Promedios mensuales multianuales de Velocidad del Viento de la estación Apto Benito Salas	26
Gráfica 5 Promedios mensuales multianuales de Precipitación de la estación El Guadual.....	26
Gráfica 6 Promedios mensuales multianuales de ETo de la estación Apto Benito Salas	28
Gráfica 7 Histograma de caudales de la quebrada El Albadán	39
Gráfica 8 Curva de aforo Canaleta Parshall Tipo 1	45
Gráfica 9 Curva de aforo Canaleta Parshall Tipo 2.....	45

LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1 INFORMACION CLITOLOGICA IDEAM	52
ANEXO 2 FORMATO DE AFOROS REALIZADOS.....	59
ANEXO 3 FORMATO PRUEBAS DE INFILTRACION.....	60
ANEXO 4 CURVAS DE INFILTRACION.....	61
ANEXO 5 RESULTADOS LABORATORIO – ANALISIS FISICO DE SUELOS.....	63
ANEXO 6 ECUACIONES Y VARIABLES PARA EL BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA.....	66
ANEXO 7 ECUACIONES, VARIABLES Y TABLAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA.....	68
ANEXO 8 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Arroz en el área de estudio (Tipo de suelo 1).....	70
ANEXO 9 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Arroz en el área de estudio (Tipo de suelo 2).....	70
ANEXO 10 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Tabaco en el área de estudio (Tipo de suelo 1).....	71
ANEXO 11 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Tabaco en el área de estudio (Tipo de suelo 2).....	71
ANEXO 12 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Cacao en el área de estudio (Tipo de suelo 1).....	72
ANEXO 13 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Cacao en el área de estudio (Tipo de suelo 2).....	72
ANEXO 14 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Pasto en el área de estudio (Tipo de suelo 1).....	73
ANEXO 15 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Pasto en el área de estudio (Tipo de suelo 2).....	73
ANEXO 16 COMUNIDAD ASISTENTE A REUNIONES.....	74
ANEXO 17 REGISTRO FOTOGRAFICO	76
ANEXO 18 PLANOS.....	77

RESUMEN

El presente trabajo propone una alternativa para la distribución del agua y el uso eficiente de la quebrada El Albadán en el Municipio de Rivera (Huila), teniendo en cuenta el balance hídrico del área de estudio, determinado por el censo agropecuario, las propiedades básicas del suelo, el requerimiento hídrico de los principales cultivos en diferentes etapas de su desarrollo, aforos puntuales en la corriente y el diagnóstico de la oferta hídrica de la quebrada.

De acuerdo al balance hídrico agrícola para el área de estudio, la demanda total de agua se estimó en 306.88 L/s para satisfacer las necesidades agropecuarias y con base en la morfometría de la subcuenca de la quebrada El Albadán se determinó que la oferta hídrica disponible en época de máximo estiaje es de 94.86 L/s. Este caudal de oferta es insuficiente para atender la demanda total de los usuarios de la fuente de forma continua y simultánea, puesto que es excedido por la demanda total en un 69%. Debido a esta problemática se propone una restricción de siembra del 70% para cultivos en arroz y un 15% para pastos, se elaboró el cuadro de distribución de caudales por usuario y se diseñan las estructuras hidráulicas básicas para la regulación y el adecuado manejo del recurso hídrico.

Palabras clave: déficit hídrico, uso eficiente del agua, balance hídrico, distribución de caudales.

ABSTRACT

This paper proposes an alternative for water distribution and efficient use of the stream El Albadán in the municipality of Rivera (Huila), taking into account the water balance of the study area, determined by the agricultural census, soil basic properties, water requirement of major crops on different stages of development, punctual gauging over the stream and the diagnosis of the water supply of the ravine.

According to agricultural water balance for the study area, the total water demand was estimated on 306.88 L/s to meet agricultural needs and based on the morphometry of the watershed of the gorge El Albadán, it was determined that the water supply available during the peak dry season is 94.86 L/s. This flow supply is insufficient to meet total demand of the user of the source in a continuous and simultaneous way, since it is exceeded by the total demand by 69%. Due to this problem we propose a restriction of 70% for the rice crop and 15% for pastures, it is made the flow distribution box per user and designed the basic hydraulic structures for regulation and appropriate water management.

Keywords: water deficit, efficient water use, water balance, flow distribution

INTRODUCCIÓN

Es de gran importancia hacer un uso racional del agua, ya que es necesaria para el desarrollo de nuestras actividades diarias y para el proceso normal de la vida. Los grandes ríos y depósitos de agua dulce y el desarrollo de la agricultura permitieron el progreso de las grandes civilizaciones de la humanidad y las diversas culturas. Uno de los problemas fundamentales de la civilización moderna es el del recurso hídrico, como consecuencia de la infinidad de usos a que se destina. El agua es fundamental para el hombre, en particular como elemento básico de la agricultura. Sin embargo a pesar de la enorme importancia de este recurso, el hombre lo malgasta y contamina, agotándolo paulatinamente y provocando un desequilibrio hídrico que afecta tanto a la sostenibilidad ambiental como su propia integridad.

La creciente necesidad de recobrar en parte este equilibrio y asegurar la disponibilidad del recurso hídrico de forma práctica solo se puede obtener mediante su uso eficiente, por este motivo, la legislación colombiana en aras de fomentar la cultura de la conservación del recurso y contribuir al cuidado del ambiente, establece mediante la Ley 373 de 1997, el programa para el uso eficiente y ahorro del agua que en toda su magnitud convoca a desarrollar acciones para la conservación del recurso hídrico, con base en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y la demanda de los consumidores.

Colombia es uno de los países con mayor riqueza hídrica a escala mundial; sin embargo, la sobreexplotación y contaminación del recurso se refleja en los crecientes índices de escasez de las corrientes naturales de los cuerpos de agua, por tal motivo adelantar acciones enfocadas hacia el uso eficiente del agua con gestión de la demanda como las obras de medición requeridas para que los usuarios del agua puedan mejorar la disponibilidad del recurso al interior de sus sistemas de distribución, y satisfacer la demanda básica para todos los usos. Esto permite aumentar el rendimiento de los cultivos, minimizar los conflictos entre usuarios y disminuir los costos del manejo de las aguas. Para el logro de esta visión es necesaria la medición de los caudales derivados en las bocatomas o captaciones de las fuentes de captación, con el fin de realizar una gestión efectiva de la demanda. Al medir el agua captada los usuarios obtienen información para controlar las pérdidas del caudal y logra un mayor aprovechamiento. Según la CVC (2010), los usuarios del sector agrícola que han implementado sistemas de medición en el Valle del Cauca se han beneficiado con ahorros hasta del 80% en el valor a pagar por concepto de tasa por uso del agua, cobro que se realiza a los usuarios por la utilización del agua en virtud de una concesión y busca hacer partícipes en los gastos de protección y conservación del recurso hídrico.

En el Departamento del Huila, especialmente en la zona norte, una de las grandes problemáticas sociales entre los agricultores es el derivado por el uso de este recurso. Las necesidades hídricas de los cultivos, la baja eficiencia del riego no tecnificado y en general el uso inadecuado son algunas de las razones que

obligan a implementar obras hidráulicas necesarias para la captación, conducción, reparto, distribución y control provistas de los elementos necesarios que permitan conocer en cualquier momento el caudal derivado y que ayuden a controlar el uso del agua principalmente en las zonas donde este recurso es escaso con el fin de aumentar los ingresos y conservar el recurso hídrico .

Actualmente, el uso inadecuado de las aguas de la quebrada El Albadán y las de sus afluentes debido a la captación excesiva, derivaciones no autorizadas, infiltración y percolación en canales, ha ocasionado una disminución relevante de su caudal afectando el desarrollo de los ecosistemas naturales que dependen de su oferta hídrica, generando al mismo tiempo conflictos sociales internos entre los usuarios de la corriente, que se intensifican en los periodos de verano. Estos conflictos se presentan generalmente porque los usuarios de las partes altas de la quebrada captan artesanalmente la mayor parte del líquido mediante apilamiento de rocas de diferentes tamaños, costales llenos de arena, plásticos y material de arrastre que hay en el lecho de la quebrada, que obstaculizan el flujo normal de la corriente encauzando cantidades de agua mayores a las verdaderamente necesarias al interior del canales en tierra impidiendo que sea aprovechado aguas abajo por los demás usuarios; por este motivo se hace necesario mejorar las condiciones de distribución y uso del recurso hídrico para el abastecimiento de la población y el desarrollo de actividades productivas, además de la implementación de obras de captación, distribución y control, sin afectar los ecosistemas naturales.

Con base en lo anterior y teniendo en cuenta el censo agropecuario, las derivaciones y aforos puntuales sobre el cauce, los cálculos de requerimientos hídricos para los principales cultivos en diferentes etapas de desarrollo, el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento, la demanda de los consumidores, y las propiedades básicas del suelo, se elaborará la propuesta de distribución de las aguas con sus respectivas obras hidráulicas básicas para su control y medición de caudales, pretendiendo dar un uso eficiente del recurso hídrico y una solución ambiental a este tipo de problemática en el Municipio de Rivera, Departamento del Huila.

1. REVISIÓN DE LITERATURA

1.1 GENERALIDADES

La creciente necesidad de lograr un equilibrio hidrológico se obtendrá mediante la regulación sobre el uso eficiente del recurso hídrico. Según la Ley 373 de 1997 establece el programa para el uso eficiente y ahorro del agua, el cual deberá estar basado en el diagnóstico de la oferta hídrica de las fuentes de abastecimiento y demanda de agua, las Corporaciones Autónomas Regionales y demás autoridades ambientales encargadas del manejo, protección y control del recurso hídrico en su respectiva jurisdicción, aprobarán la implantación y ejecución de dichos programas.

1.1.1 Cuenca hidrográfica

De acuerdo con CHOW (2000), una cuenca u hoya hidrográfica es una superficie de tierra que drena hacia una corriente en un lugar dado, delimitado por una línea divisoria de aguas que separa la superficie de tierra, su drenaje fluye hacia un río de las superficies de tierra cuyos desagües corren hacia otros ríos. La lluvia es la entrada, distribuida en el espacio sobre el plano superior; el caudal es la salida, concentrado en el espacio de la salida de la cuenca. La evaporación y el flujo subsuperficial también pueden considerarse como salidas, pero son muy pequeños comparados con el caudal durante una tormenta. Según decreto 1729 de 2002, se entiende como cuenca el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar, se delimita por la línea de divorcio, cota o altura máxima que divide dos cuencas contiguas.

1.1.2 Oferta hídrica superficial o caudal base de reparto

El IDEAM (2004), ha desarrollado una metodología para el cálculo del Índice de escasez para aguas superficiales adoptada por el MAVDT (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Territorial) mediante resolución 865 de 2004, donde el Índice constituye la principal herramienta para evaluar si el recurso hídrico de un país, área hidrográfica, región, municipio ó cabecera es suficiente o deficitario para satisfacer la demanda generada por las actividades sociales y económicas del hombre, cuantificar la oferta hídrica es esencial y aparentemente sencillo para iniciar el proceso de análisis, solamente requiere medir la lluvia y las fuentes que abastecen dichas áreas delimitadas, a partir de observaciones en estaciones hidrológicas y meteorológicas, y así lograr obtener la variación sistemática de los principales parámetros considerados para su análisis, en el tiempo. Cuando existe información histórica confiable de los caudales con series extensas, el caudal medio anual del río es la oferta hídrica de esa cuenca.

1.1.3 Caudal de diseño

De acuerdo con CAM – SINA (2005), es la variable hidrológica más importante que se utiliza en ingeniería para el diseño de obras hidráulicas como acueductos, sistemas de riego y obras de protección. El caudal de un río o quebrada no es constante, ya que las variables que intervienen en el ciclo hidrológico no permiten mantener un régimen permanente, además las pérdidas y ganancias de aguas por infiltración, tributarias y afluentes a lo largo del cauce producen variaciones del caudal en su recorrido, presentándose los valores máximos y mínimos en invierno y verano respectivamente. Es esta variación la que se debe tener en cuenta para efectuar las obras de control necesarias que permitan una distribución adecuada que satisfaga las demandas de agua y prevenga excesos. Considerando que el caudal de un río o quebrada se alimenta con agua lluvia que cae y escurre sobre un área determinada, el río se convierte en medio de drenaje para esa área denominada cuenca, vertiente u hoya hidrográfica.

1.1.4 Obras de captación

Se conocen con el nombre de obras de captación, según CORCHO & DUQUE (1993), a las estructuras que se colocan directamente sobre las fuentes superficiales como ríos, vertientes o manantiales y a las subterráneas como pozos profundos o someros, que se han seleccionado como económicamente utilizables para surtir una red de acueducto o para generar energía y desarrollar sistemas de riego entre otros fines, los tipos de captación son esencialmente diferentes según se deseen captar las aguas sobre fuentes superficiales o subterráneas. Para MATERON (1997), es una estructura destinada a captar o extraer una determinada cantidad de agua de una corriente, su proyección depende naturalmente del tipo de uso y de las características hidrológicas e hidráulicas entre dos tipos de corrientes superficiales a aprovechar: sin regulación y con regulación de caudal, la primera se basa en que el caudal de la corriente supera el caudal máximo diario (QMD) en cualquier periodo, principalmente en captaciones para acueductos rurales, y la otra implica que la obra de captación intercepte el caudal mediante dique o presa que asegure el caudal requerido.

1.1.5 Caudal ecológico

Se refiere al caudal mínimo a conservar para el mantenimiento del ecosistema, la flora y la fauna de una corriente de agua, según resolución 865 de 2004.

1.1.6 Evapotranspiración

De acuerdo con ALLEN et al (2006), se conoce como evapotranspiración (ET) a la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación, proceso por el cual el agua líquida se convierte en vapor de agua (vaporización) y se retira de la superficie evaporante (remoción de vapor). El agua se evapora de una variedad de superficies, tales como lagos, ríos, caminos, suelos y la vegetación mojada. Por otra parte se pierde agua mediante transpiración del cultivo, este consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la

atmósfera, perdiendo agua predominantemente a través de pequeñas aberturas en las hojas llamadas estomas, casi toda el agua absorbida del suelo se pierde por transpiración y solamente una pequeña fracción se convierte en parte de los tejidos vegetales. La evaporación de un suelo cultivado disminuye a lo largo del ciclo del cultivo, en las primeras etapas, 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.

1.1.7 Factores que afectan la evapotranspiración

Los únicos factores que afectan la evapotranspiración son los parámetros climáticos como la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y la velocidad del viento. Por lo tanto, la evapotranspiración puede ser calculada a partir de estos datos meteorológicos el cual expresa el poder evaporante de la atmósfera en una localidad y época del año específicas, y no considera ni las características del cultivo, ni los factores del suelo. Como resultado de una consulta de expertos realizada en mayo de 1990, el método de FAO Penman-Monteith ahora se recomienda como el único método estándar para la definición y el cálculo de la evapotranspiración con parámetros climáticos, (ALLEN et all, 2006).

1.2 MARCO NORMATIVO

La reglamentación del recurso hídrico en Colombia se inició con el Código de los Recursos Naturales Renovables y de protección del medio ambiente, Decreto 2811 de 1974, el cual fue reglamentado en el tema de concesión de aguas de uso público y otras normas relacionadas con aguas no marítimas, Decreto 1541 de 1978. En 1997 se promulga la ley 373 sobre uso eficiente y ahorro del agua, la cual establece la obligación de medir el agua para todos los sectores y usuarios. En el Artículo 107 de este Decreto, establece que la autoridad ambiental reglamentará el aprovechamiento de cualquier corriente o depósito de agua pública con el fin de obtener una mejor distribución del recurso y un mayor bienestar entre los, por lo tanto en el departamento del Huila la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena - Cam ha realizado convenios con diferentes entidades como la USCO (Universidad Surcolombiana), FUNDISPROS (Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de Salud para la Proyección Social), SINA (Sistema Nacional Ambiental), entre otras con el propósito de mejorar las condiciones de administración, distribución y uso del recurso hídrico para el abastecimiento de la población y para el desarrollo de actividades productivas en las corrientes hídricas de mayor conflicto e identificadas con balance hídrico negativo.

1.3 ENFOQUE HIDROLÓGICO EN EL USO DEL AGUA

Todos los seres vivos necesitan, en mayor o menor cantidad, agua para vivir. En la Tierra, la mayor parte del agua se concentra en los mares y océanos (97%), es salada, lo cual implica grandes restricciones en su uso. Sólo el 3% del agua en el

mundo es dulce; 2% en forma sólida (hielo polar, glaciares, etc.), y el 1% disponible en estado líquido en el ciclo hidrológico. De esta agua, solo el 4% son superficiales, el resto (96%), son subterráneas. El agua dulce aprovechable, las aguas superficiales o poco profundas, es un recurso bastante escaso y aleatorio pues sólo es susceptible de aprovechamiento el 0.4% del total con un reparto muy desigual en las distintas partes del planeta. El resto completa el ciclo hidrológico. Todas las grandes civilizaciones se han asentado y desarrollado históricamente alrededor de fuentes y cauces de agua pues, en general, en casi todas las actividades económicas se requiere de agua para los procesos de producción; es decir, no solamente para la agricultura en regadío, sino también para la industria, la minería, etc. El reparto del agua aprovechada por sectores es, de promedio: agrícola y ganadero (70%), industrial (20%) y doméstico (10%), (GODINO, 2010).

Según MEJÍA (2008), una quinta parte de la población mundial no tiene acceso a fuentes de agua segura. Cada día mueren 6 mil personas, en su mayoría niños, debido a agua contaminada. Aproximadamente 70% de toda el agua dulce extraída para el uso humano se utiliza para riego. Anualmente mueren más de un millón de personas a causa de la malaria. La mitad de humedales del mundo han desaparecido y la mayoría han sido destruidos en los últimos 50 años. Para MEJÍA (2008), según estimaciones de Naciones Unidas, si persisten las tendencias actuales, para el año 2025 dos tercios de la población mundial sufrirá serios problemas de escasez de agua o prácticamente vivirá sin agua, estos datos subrayan la urgencia para resolver los problemas que existen en cuanto al uso y manejo de un recurso natural vital para el planeta.

Debido al aumento de la población mundial, la cual se ha incrementado de 2.5 billones en 1950 a 6.5 billones en la actualidad, las áreas bajo riego se han duplicado ocasionando que las extracciones de agua dulce se hayan triplicado entre 1950 al presente (FAO, 2010). Esto ha motivado que el agua para irrigación de tierras agrícolas se haya vuelto esencial en muchas partes del mundo. A nivel mundial el 70% del agua dulce extraída es para uso agrícola. Colombia tiene aproximadamente 900.000 hectáreas bajo riego, de los cuales el 46% están en los departamentos del Valle y Tolima (AQUASTAT, 2010). El Banco Mundial estimó que del total de agua dulce extraída en Colombia para el 2007, un 47% de dicha agua se utilizó para fines agrícolas (Banco Mundial, 2010). Colombia extrae alrededor de 9 millones de metros cúbicos de agua dulce por año para todo uso, este valor es menos del 1% de la cantidad disponible de agua dulce en todo el territorio nacional. Sin embargo, la disponibilidad de agua dulce no es equitativa tanto en tiempo como en espacio en todo el país ni su uso tampoco. Esta desigualdad ha llevado al uso intensivo de agua para riego en muchas partes del territorio nacional. El Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha desarrollado balances hídricos para el territorio nacional como también índices de sequía mensual. Por ejemplo, el índice de sequía mensual para Neiva entre Septiembre de 2008 y Julio de 2010 (23 meses) arrojó que 11 meses estuvieron en déficit de agua (IDEAM, 2010). Esto hace pensar que

para una agricultura eficiente los sistemas de riego deben ser parte fundamental. Esta misma tendencia se vive en los departamentos con mayor uso del riego, Valle y Tolima.

1.4 SITUACION ACTUAL POR USO DEL AGUA EN EL ALBADÁN

La situación en el uso del agua de la corriente El Albadán es bastante compleja, ninguno de los usuarios tiene algún tipo de control en el consumo del agua de la quebrada que impidan el desperdicio del recurso hídrico, la mayoría de los predios hacen uso constante del agua, así no la estén necesitando, perjudicando la fuente y a otros usuarios. La idea de optimización de este recurso es muy cuestionada, no hay un uso racional del agua, el sentido de solidaridad y administración comunitario está ausente en la zona, existen casos en que los usuarios reparten equitativamente el agua según sus necesidades pero también hay casos en que usuarios de un mismo canal tienen problemas en la distribución, unos quieren tener más cantidad y por mayor tiempo sin importarles el perjuicio que están causando a otros. El mayor conflicto por el uso de las aguas llega en las épocas de estiaje, pues trae muchas dificultades con sus cultivos, incluso enfrentamientos verbales con otros usuarios, siendo esta una de las razones determinantes para considerar necesaria la creación de un sistema de administración del recurso hídrico, la preocupación de los usuarios aparece cuando el nivel de la corriente es bajo por épocas de sequía y la mayoría esta cultivando, todos necesitan el agua y para poder tenerla utilizan procedimientos poco éticos con la fuente y con los otros usuarios, pero cuando llega el invierno se tranquilizan, pues hay agua en abundancia para todos.

1.5 ANTECEDENTES

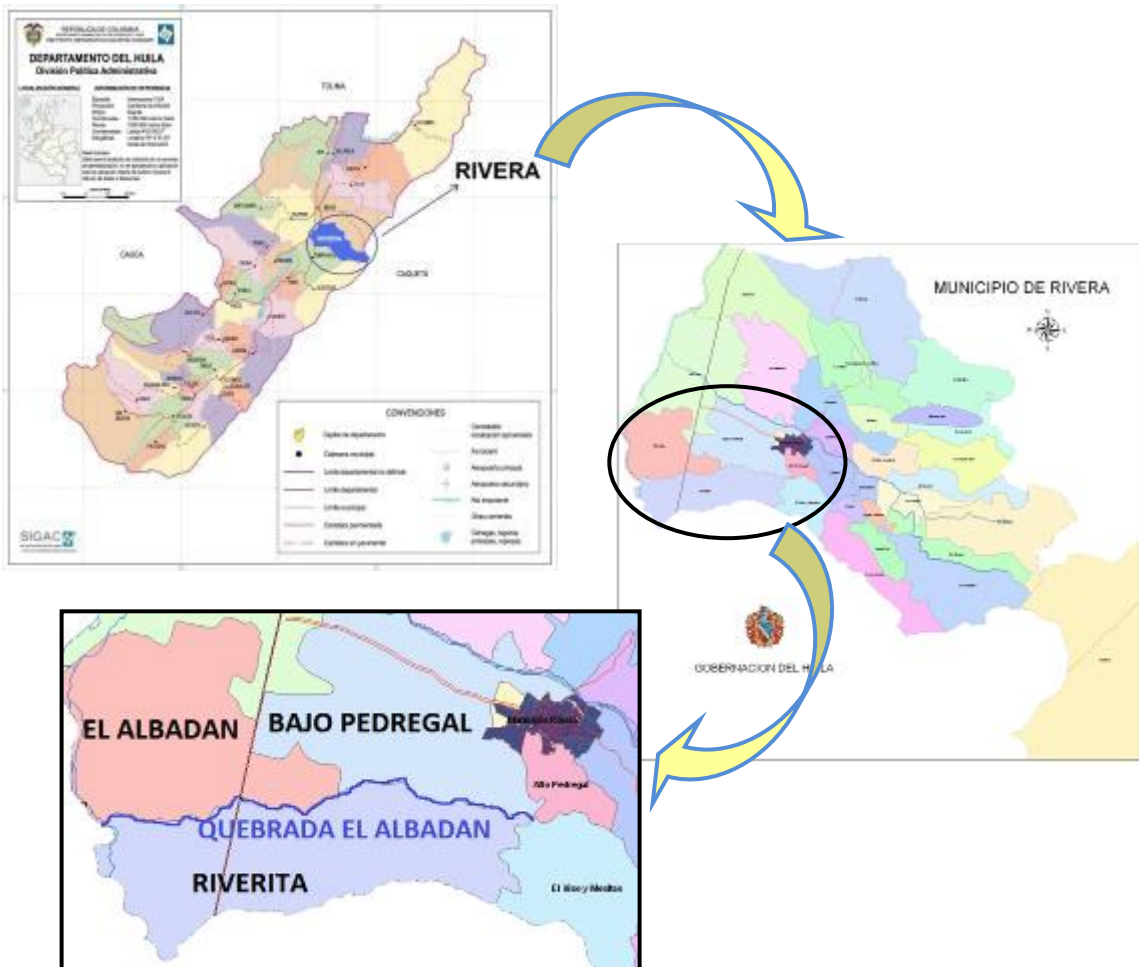
El programa de Ingeniería Agrícola de La Universidad Surcolombiana, ha realizado bajo la modalidad de trabajos de grado diversos estudios sobre gestión de cuencas hidrográficas en todas las subregiones del departamento del Huila, según ARAUJO & VALDERRAMA (2005), citado por RIOS & VERA (2005), En la Subregión Norte en las quebradas la Toma (Useche y Sánchez, 2001), el Neme (Oviedo y Pastrana, 1999), Guayabal (García,1999), la San Francisca (González y Hurtado, 1999) y la Jabonera (Carvajal,1995) y el río Bache (Ávila y Carmona 2002); en la Subregión Centro en las quebradas El Hato (Alvarado y Serrato, 1993), el Hígado (Alarcón y Parra, 1991); en la Subregión Occidente, en la quebrada La Venta (Cabrera y Torres,1993) y el Pueblo (Hernández y Rojas, 1991), y en la Subregión sur, en la microcuenca El Quebradón (Muñoz y González,19991).

2. METODOLOGÍA

2.1 LOCALIZACIÓN

El área de estudio del proyecto se encuentra localizada en la subcuenca de El Albadán, zona rural del Municipio de Rivera comprende las veredas Riverita, Bajo Pedregal y El Albadán (Figura 1). Esta subcuenca se ubica entre las veredas El Tambillo, Loma Larga, Agua Fría, Agua Caliente, El Pindo, Termopilas, Salado, El Viso, Mesitas, Alto y Bajo Pedregal, Riverita y El Albadán. La quebrada El Albadán tiene como principales afluentes a las quebradas: Agua Caliente, Agua Fría y la Valsa. Agua Fría es Tributaria de Agua Caliente por la margen izquierda y esta a su vez se une a la quebrada la Balsa por la margen derecha para formar la quebrada El Albadán. Esta subcuenca cubre un área de 30.1 kilómetros cuadrados y representan el 8.1 % del Municipio de Rivera.

Figura 1 Ubicación geográfica del área de estudio



Fuente: SIR, (2010)

El municipio de Rivera se encuentra situado al Nororiente del Departamento del Huila y cuenta con una superficie aproximada de 370 Km², el casco urbano se encuentra localizado a 2° 47' Latitud Norte y 75° 16' Longitud Oeste y a una altura de 729 m.s.n.m. Dista 22 Km de la capital del Departamento, Neiva y 29 Km del casco urbano del Municipio de Campoalegre (EOT del Municipio de Rivera, 1999 - 2010).

En los territorios de este municipio se encuentran dos regiones diferentes: una al oriente: montañosa, perteneciente a la vertiente occidental de la cordillera oriental; la otra al occidente: plana, comprendida en el valle del río Magdalena. Por su formación presenta los pisos térmicos, cálido, medio y frío, regados por las aguas de los ríos Arrayanal, Blanco, Frío, Negro y Magdalena, además de varias corrientes menores (Alcaldía de Rivera, 2010).

2.2 MÉTODOS

Fase 1. Recopilación de información:

- Recopilación de la información relacionada con la administración del recurso hídrico, la información climatológica de la zona y la información cartográfica de la subcuenca de la quebrada El Albadán, en entidades como la CAM, el IDEAM, la Universidad Surcolombiana, el Municipio de Rivera, entre otras.

Fase 2. Reconocimiento del área de estudio:

- Identificación y reconocimiento del área de estudio, por medio de visitas a campo y reuniones con la comunidad de usuarios de la quebrada.
- Realización del levantamiento planimétrico con GPS del cauce principal de la corriente y de las derivaciones principales, secundarias y tomas prediales.
- Descripción de las obras hidráulicas existentes en la corriente y sus derivaciones, funcionamiento y operación.

Fase 3. Censo de usuarios y predios a beneficiar de la subcuenca:

- Elaboración del censo de usuarios de la quebrada por cada una de las derivaciones y el censo agropecuario (cultivos, animales, etc.) con base en los formatos establecidos por la Cam.
- Verificación de las concesiones de agua superficial otorgadas por la Cam de la quebrada El Albadán para conocer el número de usuarios y la cantidad de áreas regables, cultivos establecidos, prácticas culturales y otros usos del agua.
- Realización de reuniones con la comunidad para identificar personas interesadas en adquirir las concesiones de agua y ser usuarios de la quebrada.

Fase 4. Determinación del balance hídrico general de la subcuenca:

- Monitoreo del caudal de la quebrada y sus derivaciones principales mediante aforos con micromolinete en diferentes periodos de tiempo.
- Muestreo de suelo y realización de pruebas de infiltración y densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchitez permanente en 3 diferentes zonas del área de estudio.
- Estimación de los requerimientos hídricos de los cultivos del área de estudio en las diferentes etapas del desarrollo vegetativo para cada mes del año.
- Elaboración del balance hídrico a nivel general y de dos subdivisiones (zona alta y zona baja) de la subcuenca a partir de los caudales de oferta y demanda

Fase 5. Formulación de la propuesta para la distribución y uso eficiente de recurso hídrico de la quebrada:

- Elaboración de la propuesta de distribución de las aguas de la quebrada El Albadán.
- Diseño de las obras hidráulicas básicas (captación y control) para el uso eficiente del recurso hídrico de la quebrada.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 CARACTERÍSTICAS HIDROCLIMATOLÓGICAS

En la realización del estudio se emplearon los datos registrados por el IDEAM en la estación pluviométrica El Guadual del Municipio de Rivera, considerando criterios de representatividad y homogeneidad sobre el área de estudio y por ser la estación más cercana al área de influencia del proyecto, pero debido a que no cuenta con los parámetros necesarios para el análisis climatológico, se recurrió a la Estación Aeropuerto Benito Salas del Municipio de Neiva, con fundamento en la vecindad geográfica y la localización altitudinal. La información climatológica para el estudio corresponde a valores medios mensuales multianuales del periodo comprendido entre los años 1990 – 2009.

El Cuadro 1, relaciona las estaciones meteorológicas empleadas con las características generales, como: tipo de estación, localización geográfica, coordenadas, altimetría y años de registros.

Cuadro 1 Estaciones meteorológicas empleadas para la determinación del análisis climático de la subcuenca de la quebrada El Albadán

No.	ESTACION	MUN.	TIPO	DPTO	COORDENADAS	ELEV (m.s.n.m.)	PRECIP ANUAL (mm)	No. AÑOS DE REGISTRO
1	Apto Benito Salas	Neiva	SS	Huila	2°58' N - 75°18' W	439	1371.4	1990 - 2008
2	El Guadual	Rivera	PM	Huila	2°47' N - 75°14' W	735	1675.6	1991 - 2009

SS: Sinóptica Secundaria

PM: Pluviométrica

Fuente: IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010

De los registros de temperatura, humedad relativa, brillo solar, evaporación y velocidad del viento de la estación Apto Benito Salas, y precipitación de la estación El Guadual, se obtienen los valores mensuales y anuales característicos del clima regional.

En el Cuadro 2. Se muestra la información climatológica del área de influencia de la zona de estudio, con base en las estaciones de apoyo seleccionadas para el análisis

La información correspondiente al valor de cada una de las variables atmosféricas para cada uno de los meses y el total de cada año del periodo seleccionado son graficados para observar el comportamiento durante el año en la estación climatológica seleccionada para el área de estudio (Gráficas 1 – 6)

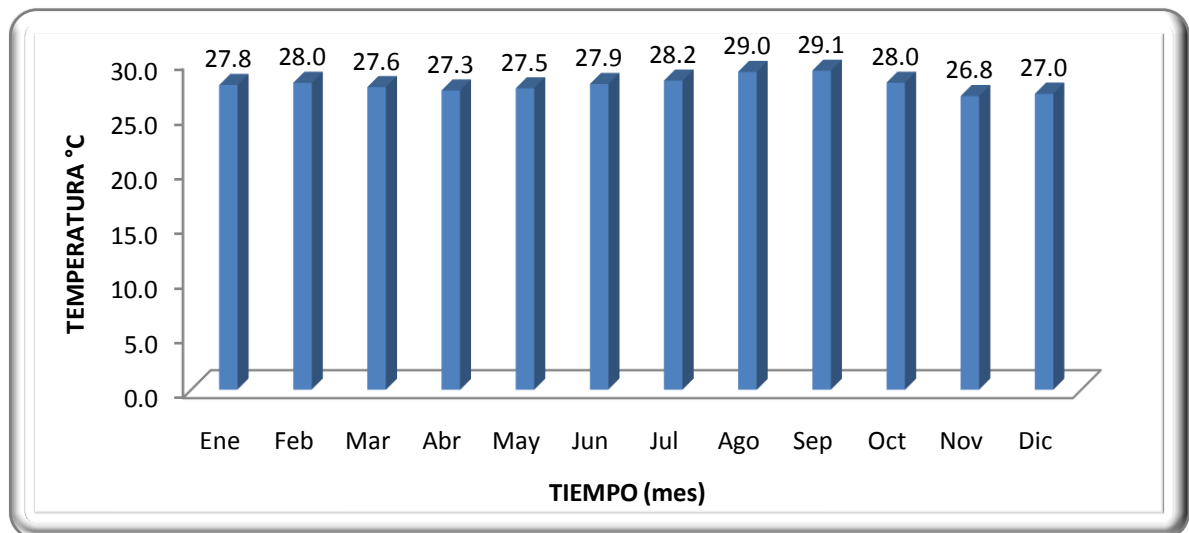
Cuadro 2 Información Climatológica para el área de estudio

PARÁMETRO	UN	VALOR (Prom. Mensual)											
		Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Temperatura	°C	27.8	28.0	27.6	27.3	27.5	27.9	28.2	29.0	29.1	28.0	26.8	27.0
Humedad Relativa	%	70.0	69.0	72.0	73.0	71.0	65.0	59.0	55.0	57.0	66.0	75.0	75.0
Brillo Solar	hr	200.3	162.5	149.4	149.7	154.7	162.7	170.1	171.1	154.6	170.2	164.7	184.8
Velocidad Viento	m/s	0.9	1.1	1.2	1.3	1.5	2.0	2.6	2.8	2.0	1.3	0.9	0.8
Precipitación	mm	154.9	156.0	211.4	199.5	115.1	46.8	42.7	16.1	68.3	209.4	267.6	188.0
ETo	mm/día	4.1	4.3	4.2	4.1	4.0	4.4	5.0	5.5	5.0	4.4	3.9	3.8

Fuente: IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2010

3.1.1 Temperatura

La radiación solar absorbida por la atmósfera y el calor emitido por la tierra elevan la temperatura del aire. El calor sensible del aire circundante transfiere energía al cultivo controlando en cierta forma la tasa de evapotranspiración, en un día soleado y cálido, la pérdida de agua por evapotranspiración será mayor que en un día nublado y fresco. La temperatura es considerada como uno de los parámetros climáticos de mayor importancia puesto que controla el nivel de evaporación, la humedad relativa y la dirección de los vientos (los cálidos tienden a ascender y los fríos a descender). De acuerdo con los registros de temperatura (Cuadro 2) de la estación Apto Benito Salas, se Gráficán los valores. (Gráfica 1)



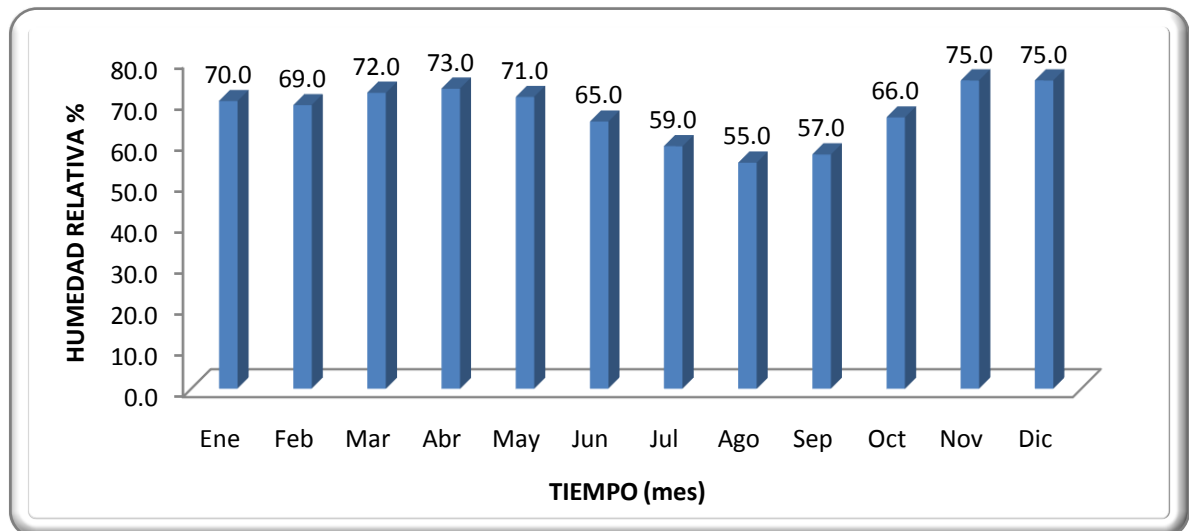
Gráfica 1 Promedios mensuales multianuales de Temperatura de la estación Apto Benito Salas

La temperatura media mensual multianual para el periodo de registro temperatura presenta un comportamiento relativamente homogéneo (régimen monomodal), los meses de mayor temperatura corresponden a agosto y septiembre con valores iguales o por encima de 29.0 °C; los meses de menor temperatura son noviembre

y diciembre con temperaturas iguales o inferiores a 27°C. La temperatura media mensual multianual en la estación es de 27.8°C. El gradiente de variación de temperatura mensual no supera los dos (2) grados centígrados, característica propia de las regiones subtropicales.

3.1.2 Humedad Relativa

Es el porcentaje de humedad que posee el aire en ese momento, en relación al máximo contenido de humedad que podría tener en esas condiciones. Cuando se dice que el aire tiene 75% de HR, quiere decir que le faltan 25% para llegar al máximo de humedad. Pero la humedad que puede contener como máximo un aire depende de la temperatura a que se encuentre. Cuanto más caliente se encuentre el aire, mayor es la cantidad de humedad que puede recibir, de Dios (1996). De acuerdo con los registros de Humedad Relativa, se Gráficán los valores (Gráfica 2).

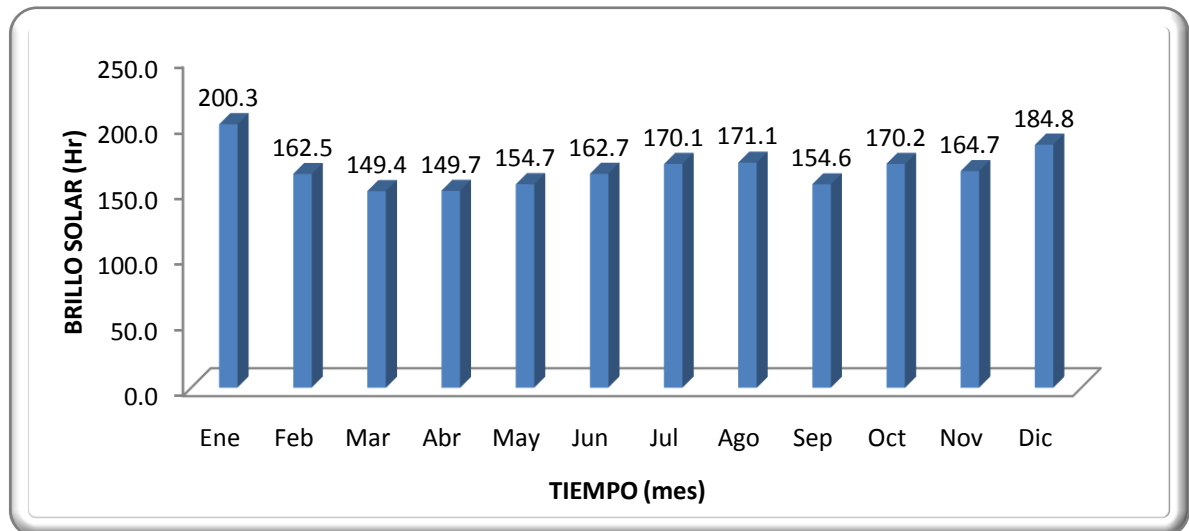


Gráfica 2 Promedios mensuales multianuales de Humedad Relativa de la estación Apto Benito Salas

Este parámetro presenta un comportamiento relativamente homogéneo en el recorrido del año. Durante los meses más cálidos, la humedad relativa es baja mientras que en la temporada húmeda la relación es inversa, lo que significa que los mayores valores de humedad se presentan en los meses de marzo a mayo para el primer semestre del año y noviembre y diciembre para el segundo, alcanzando valores hasta de 75% según los datos reportados por la estación Apto Benito Salas y los meses de menor humedad están entre agosto y septiembre, con valores hasta de 55%. La humedad relativa media mensual a nivel multianual en la estación es de 67%.

3.1.3 Brillo Solar

El Brillo Solar está estrechamente relacionado con las variables intensidad de radiación solar, temperatura y nubosidad. El registro heliográfico muestra una radiación directa promedio de 1994.7 horas/año (5.5 horas/día), presentando la radiación más alta en el mes de enero con un valor de 200.3 horas, equivalente a un promedio diario de 6.4 horas, por otro lado se registra en el mes de marzo una radiación de 149.4 horas, siendo la más baja durante en el año este valor equivale a 5.0 horas/día, según los registros de la estación (Gráfica 3)

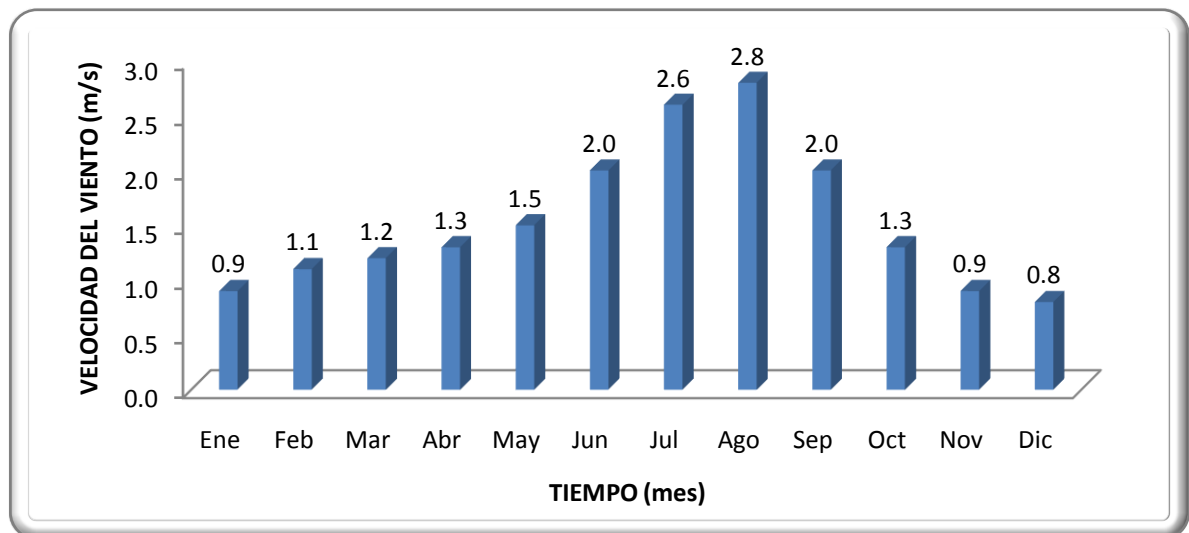


Gráfica 3 Promedios mensuales multianuales de Brillo Solar de la estación Apto Benito Salas

3.1.4 Velocidad del Viento

De acuerdo con Zambrano (2003), se entiende como viento al aire en movimiento; para que se presente este fenómeno ha de haber una diferencia de presión entre dos puntos de la superficie terrestre, pero como la presión está en relación inversa con la temperatura, se puede manifestar que la circulación de la atmosfera se rige principalmente por el calentamiento desigual entre latitudes ecuatoriales y polares por la rotación de la Tierra.

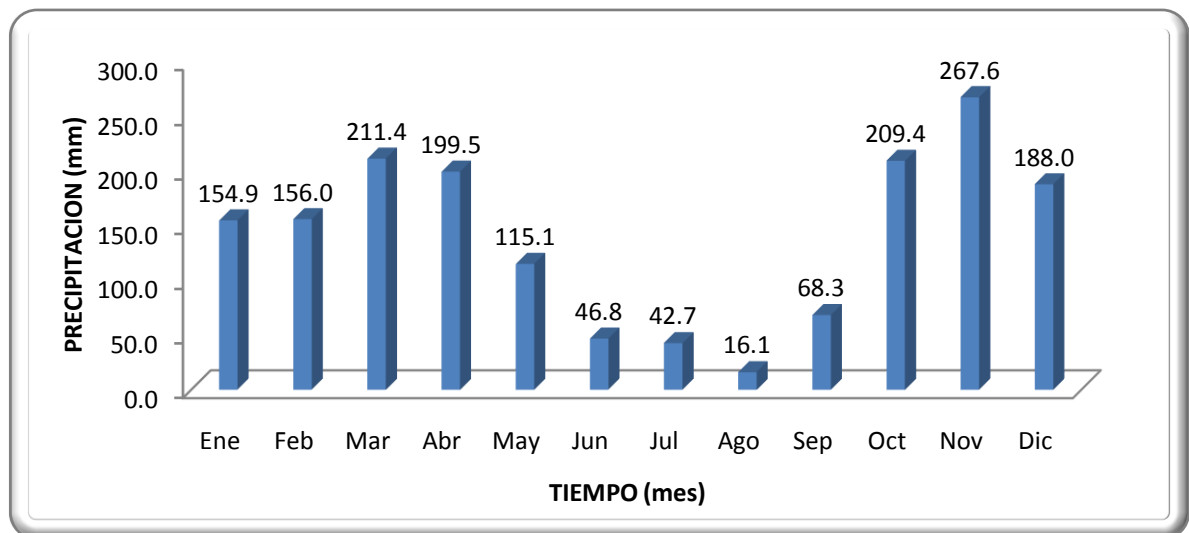
De acuerdo con la gráfica 3 esta variable es de carácter monomodal, los meses que se registran con mayores velocidades del viento son julio y agosto con un valor máximo de 2.8 m/s (10 km/h), los meses con menores registros son de noviembre a enero con valores iguales o inferiores a 0.9 m/s (3.2 km/h).



Gráfica 4 Promedios mensuales multianuales de Velocidad del Viento de la estación Apto Benito Salas

3.1.5 Precipitación

La precipitación, según Aparicio (1987), es la fuente primaria del agua de la superficie terrestre y sus mediciones forman el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua. Este es uno de los parámetros de clima más definitivo debido a que es el controlador principal del ciclo hidrológico, así como la naturaleza del paisaje, el uso del suelo, la agricultura y la actividad humana en general.



Gráfica 5 Promedios mensuales multianuales de Precipitación de la estación El Guadual

El registro de precipitación de la estación El Guadual presenta un comportamiento de régimen pluviométrico bimodal, es decir se observan claramente la ocurrencia alternada de dos (2) periodos de máximas y dos (2) periodos de mínimas

precipitaciones, el segundo periodo de estiaje es más intenso que el primero; de esta forma entre los meses de marzo y abril tiene lugar el primer máximo de lluvias con un registro de 211.4 y 199.5 mm respectivamente, luego a partir de mayo y hasta septiembre ocurre el mínimo, siendo agosto el mes de menor valor con 16.1 mm, luego en octubre al incrementarse nuevamente las precipitaciones se inicia el segundo máximo, el cual culmina en diciembre, en este periodo noviembre registra el mayor valor anual con 267.6 mm. El anterior comportamiento define entonces una media anual multianual de 1675.6 mm para la estación El Guadual. En general de lo anterior se puede concluir que en promedio el 36% de las lluvias anuales ocurren durante los siete meses del periodo seco y el 64% se presenta en los cinco meses de invierno mencionados.

3.1.6 Evapotranspiración

A modo de comparación se estimó la evapotranspiración por los modelos de Thornwaite (Monsalve, 1995) y FAO-Penman Monteith (Allen et al, 1998),

Mediante el programa informático CROPWAT, desarrollado por la FAO para la programación del riego, que utiliza la ecuación FAO Penman-Monteith (Anexo 6) se determinó la evapotranspiración de referencia (ET_0). Los valores arrojados se muestran en el Cuadro 3

Cuadro 3 Valores medios mensuales multianuales de ET_0 .

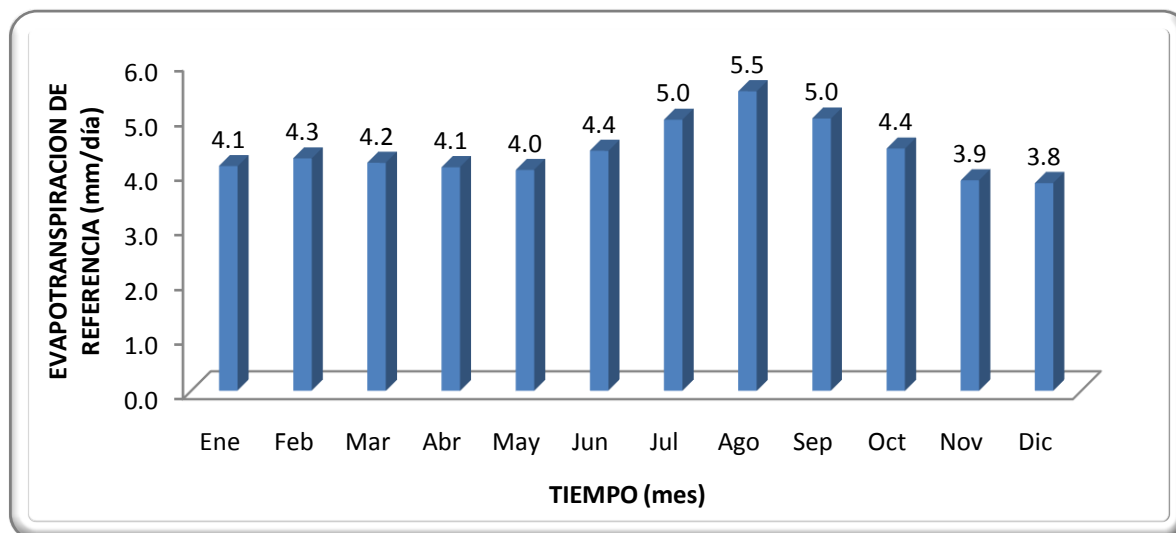
Mes	Temp Min °C	Temp Max °C	Humedad %	Viento km/día	Insolación horas	Rad MJ/m ² /día	ET ₀ mm/día
Enero	20.2	35.6	70.0	58.0	6.5	18.4	4.09
Febrero	20.4	36.1	69.0	71.0	5.8	18.1	4.24
Marzo	20.5	36.1	72.0	78.0	4.8	17.0	4.12
Abril	20.6	35.5	73.0	84.0	5.0	17.0	4.09
Mayo	20.7	35.7	71.0	97.0	5.0	16.3	4.05
Junio	20.4	36.0	65.0	129.0	5.4	16.3	4.40
Julio	20.0	36.5	59.0	168.0	5.5	16.7	4.97
Agosto	20.6	37.6	55.0	181.0	5.5	17.3	5.49
Septiembre	20.4	37.7	57.0	129.0	5.2	17.4	4.98
Octubre	20.5	37.2	66.0	84.0	5.5	17.6	4.42
Noviembre	20.3	34.8	75.0	58.0	5.5	17.0	3.84
Diciembre	20.5	34.6	75.0	52.0	6.0	17.3	3.79
Promedio	20.4	36.1	67.0	99.0	5.5	17.2	4.37

La evapotranspiración potencial (ETP) se determinó mediante el modelo de Thornthwaite (Monsalve, 1995), (Anexo 6), los valores calculados ese muestran en el siguiente cuadro.

Cuadro 4 Valores medios mensuales multianuales de ETP

Mes	Tmedia (°C)	i	a	Ka	ETP (mm/día)
Enero	27.8	13.43	4.22	1.03	5.25
Febrero	28	13.58	4.22	0.93	5.41
Marzo	27.6	13.28	4.22	1.03	5.09
Abril	27.3	13.07	4.22	1.02	4.98
Mayo	27.5	13.21	4.22	1.05	5.11
Junio	27.9	13.50	4.22	1.02	5.45
Julio	28.2	13.72	4.22	1.05	5.68
Agosto	29	14.32	4.22	1.05	6.40
Septiembre	29.1	14.39	4.22	1.01	6.45
Octubre	28	13.58	4.22	1.03	5.41
Noviembre	26.8	12.70	4.22	1	4.51
Diciembre	27	12.85	4.22	1.03	4.64
Promedio					5.36

Debido a que la evapotranspiración es el parámetro más importante para el cálculo del balance hídrico, se optó por el modelo de FAO - Penman Monteith, puesto que tiene en cuenta el balance energético en el suelo y transporte turbulento en la capa límite atmosférica, además tiene en cuenta diferentes parámetros climáticos, lo que indica un mayor acercamiento a los valores reales.



Gráfica 6 Promedios mensuales multianuales de ETo de la estación Apto Benito Salas

Con el análisis de la ETo se sintetiza el clima, ya que integra elementos atmosféricos y sirve de base para investigaciones aplicadas, como requerimientos hídricos para una zona, establecer comparaciones entre cultivos y clasificaciones concretas de un clima. La ETo varía en el curso del año, siendo mínima en

periodos de invierno y máxima en periodos de verano. Para un riego adecuado es necesario conocer la magnitud de la evapotranspiración del cultivo, según las condiciones climáticas imperantes en la zona, o de otro modo es necesario anticipar eventos climáticos que influirán en la magnitud de la demanda de agua del cultivo.

3.2 RECONOCIMIENTO DEL ÁREA DE ESTUDIO

Para la delimitación del área de estudio se tuvieron en cuenta cada uno de los predios que se benefician actualmente de las aguas de la quebrada El Albadán, identificados en el censo de usuarios y censo agropecuario.

Mediante visitas a campo se hizo el reconocimiento del área del proyecto, haciendo el recorrido por el cauce y cada una de las derivaciones principales y secundarias trazando los canales e identificando las derivaciones prediales con ayuda de GPS.

En compañía del Ingeniero Carlos Alberto Vargas Muñoz en representación de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena – CAM, se realizaron reuniones con los usuarios de la corriente, teniendo en cuenta el reparto actual y las necesidades de los predios como lo establece el Decreto 1541 de 1978.

3.2.1 Actividades realizadas y aspectos técnicos evaluados

Con el objeto de actualizar y censar los usuarios de las aguas de la Quebrada El Albadán, se realizó visita ocular para conocer las captaciones principales sobre la corriente; En visitas posteriores se realizó seguimiento a cada una de las derivaciones principales sobre la corriente del Albadán en especial a lo que se refiere al nombre de propietarios y uso de las aguas (censo agrícola); en cada punto de las derivaciones principales y prediales se referenció geográficamente con ayuda de GPS y se observó el estado operativo de los canales y de las obras hidráulicas, si existían.

En total se levantaron once (11) canales sobre la quebrada El Albadán con una longitud aproximada de 17.5 km (Cuadro 5), evidenciándose al respecto las siguientes observaciones:

- ✓ La mayoría de las derivaciones principales se hacen artesanalmente mediante apilamiento de rocas de diferentes tamaños, costales llenos de arena, plásticos y material de arrastre que hay en el lecho de la quebrada, algunas derivaciones están hechas en concreto ciclópeo con extensión de piedras y costales llenos de arena, que obstaculizan el flujo normal de la corriente encauzando las aguas al interior del canales en tierra, los cuales presentan una sección irregular en todo su recorrido, la erosión producida por el flujo de agua, la falta de limpieza de sedimento y vegetación en algunos tramos del canal causa la pérdida de capacidad hidráulica o de transporte de agua.

Cuadro 5 Canales localizados en la quebrada El Albadán

No.	CANAL	COORDENADA		LONGITUD (m)
		ESTE	NORTE	
1	Charco Hondo	867820	797517	5912.17
2	La Pita	867150	797706	63.35
3	Garzón	866123	798018	4214.42
4	Manguera 1	865700	797999	-
5	La Argentina	865598	798021	2307.28
6	Fernández	864574	797477	2053.60
7	Manguera 2	863765	797538	-
8	El 28	863171	797703	805.03
9	Silvestre Gutiérrez	862780	797387	668.33
10	Jaime Andrade	862667	797305	896.52
11	Viena Andrade	862344	797372	547.61
Total				17468.31

- ✓ Ninguna de las derivaciones que tiene la quebrada El Albadán cuenta con obra de control en la captación, impidiendo un control adecuado en el caudal a derivar y trayendo como consecuencia el mal uso del recurso hídrico y afectando por ende a los beneficiarios aguas abajo de la quebrada, a excepción del canal La Argentina que en la entrada posee una estructura de rebose en caso de crecientes ingresen al canal ocasionando erosión y daños a cultivos.
- ✓ De igual forma las derivaciones prediales se hacen sin ninguna técnica tomando más agua de la necesaria ocasionando desde lavado de suelos hasta perjuicios a sus vecinos porque quien se encuentre aguas abajo no le llegara suficiente liquido para satisfacer sus necesidades.
- ✓ Debido al mal estado que se encuentran los canales, es muy difícil determinar una rugosidad razonable, ya que estos canales cambian notoriamente de sección en diferentes tramos.
- ✓ Ninguno de los canales tiene secciones revestidas en concreto o cualquier otro material.
- ✓ El trazado y la construcción de los canales, no presentan ninguna técnica en ingeniería, se usan zanjones naturales para enviar mediante estos el agua a distribuir aguas abajo, sin tener en cuenta pendientes, curvas, etc., Arrojando como consecuencia un deficiente transporte y uso del liquido.

En el Cuadro 16, se relacionan los usuarios de cada una de las derivaciones identificando nombre del predio, área a irrigar, uso y caudal requerido.

De acuerdo con el “Estudio zonificación de ordenamiento y manejo ambiental de la zona norte del departamento del Huila por Subcuencas” (Cam, 1998) recalculado por los autores, el área total de la subcuenca se determinó en 2937.03 Has; área

total de los predios a beneficiar 540.13 Has; 257.34 Has son regables según el censo agropecuario realizado.

Mediante el programa asistido por computador “Surfer 9.0”, se dibujó la subcuenca El Albadán para tener una idea aproximada de la forma y el relieve, además de los diferentes cauces que componen la subcuenca. (Figura 2)

3.3 CARACTERISTICAS DEL SUELO

3.3.1 Sitios de muestreo

Inicialmente se tomo el mapa de suelos del EOT, se sobrepuso el plano de la subcuenca de la quebrada El Albadán, definiendo las unidades cartográficas incluidas en el área de estudio. En este ejercicio se encontraron cuatro (4) series de suelos de las cuales se seleccionaron dos (2) representativas para el estudio, se georeferenciaron tres (3) sitios de muestreo sobre el mapa en estas dos series, (zona alta, media y baja del área de estudio). Estos puntos se ubicaron en campo mediante la ayuda de GPS, a cada punto de muestreo seleccionado se realizaron las siguientes labores:

- ✓ Toma o recolección de muestras para análisis físico con profundidad de muestreo de 0 – 30 cm.
- ✓ Entrega a laboratorio de suelos de la Universidad Surcolombiana para estudios de propiedades físicas (CC y PMP), la Da se determinó por los autores en este laboratorio.
- ✓ Estudio de infiltración básica (Ib) en campo en los puntos de muestreo seleccionados.
- ✓ La clasificación de estos suelos se realizó según los métodos analíticos de laboratorio de suelos, IGAC (2006).

Cuadro 6 Sitios de muestreo de suelos en el área de estudio

No.	UNIDAD DE SUELO	COORDENADAS		VEREDA	USUARIO	NOMBRE PREDIO
		ESTE	NORTE			
1	PXGb	866671	797421	Riverita	Euclides Losada Charry	San José
2	PXGb	863630	798200	El Albadán	Luis Jorge Losada Montenegro	La Argentina
3	PXLa	861920	796861	Riverita	Suc. Jaime Andrade Murcia	La Floresta

De acuerdo con el EOT del Municipio de Rivera (1999), los sitios de muestreo comprenden a las unidades de suelo en zona de piedemonte asociado a relieve de tipo abanicos y conos aluviales (PXGb) y vallecitos coluvio-aluviales (PXLa)

3.3.2 Infiltración

Las pruebas de infiltración “*in situ*” se realizaron utilizando anillos infiltrómetros, según el modelo de KOSTIAKOV. Las infiltraciones determinaron velocidades

entre moderadamente lenta y moderada, valores entre 0.70 y 2.88 cm/hora (Cuadro 7) debido a las características presentes en la zona de estudio. Los suelos de interpretación *moderada* (2.0 – 6.3 cm/h); clase 1, representa las tierras que tienen potencialmente una capacidad de pago relativamente alta y son altamente apropiadas a los cultivos con riego la producción de cosechas es alta y sostenida para un amplio número de cultivos de acuerdo con las condiciones climáticas de la zona; los suelos son profundos no tienen capas restrictivas, con clases texturales de medias a livianas, con estructuras que permiten la facilidad de penetración de las raíces y libre acumulaciones de sales. Son tierras de fácil manejo y tienen un costo de adecuación bajo. La infiltración *moderadamente lenta* (0.5 – 2.0 cm/h); clase 2 – 3, representan las tierras de capacidad de pago intermedio; se caracterizan por tener restricciones por suelos o por drenajes en su perfil, el número de cultivos adaptables a estos suelos es similar a los de la clase 1.

Cuadro 7 Síntesis de las características del suelo del área de estudio

No.	Unidad de suelo / Área (Ha)	Sitio de muestreo	Horizonte Prof. (cm)	Densidad Aparente (gr/cm ³)	HUMEDAD (%)		Hum. Sat. (%)	Infiltración (cm/h)	Área (Ha)
					CC 0.3 bar	PMP 15 bar			
1	PXGb / 414.89	San José	0-20	1.78	19.93	7.9	32.9	0.7	414.89
		La Argentina	0-30	1.63	19.72	7.49	38.3	1.09	
	Media			1.71	19.83	7.70	35.60	0.90	
2	PXLa / 125.24	La Floresta	0-30	1.57	15.73	5.57	40.7	2.88	125.24
		Media			1.57	15.73	5.57	40.70	
	Ponderado			1.67	18.88	7.20	36.78	1.36	

3.4 BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

Para el caso del cultivo predominante de la zona (arroz), se realizó el cálculo del balance hídrico por el método de CORPOICA – PRONATTA (2003), citado por CAM – FUNDISPROS (2009), los demás cultivos por el método RASPLARLO (Relación Agua – Suelo Planta para riego) establecido por CIFUENTES (2006), en donde se tiene en cuenta los estados de desarrollo del cultivo, las propiedades físicas del suelo, la evapotranspiración, las características del cultivo y laminas de agua. En la estimación del balance hídrico agrícola se tuvieron en cuenta las ecuaciones del Anexo 6.

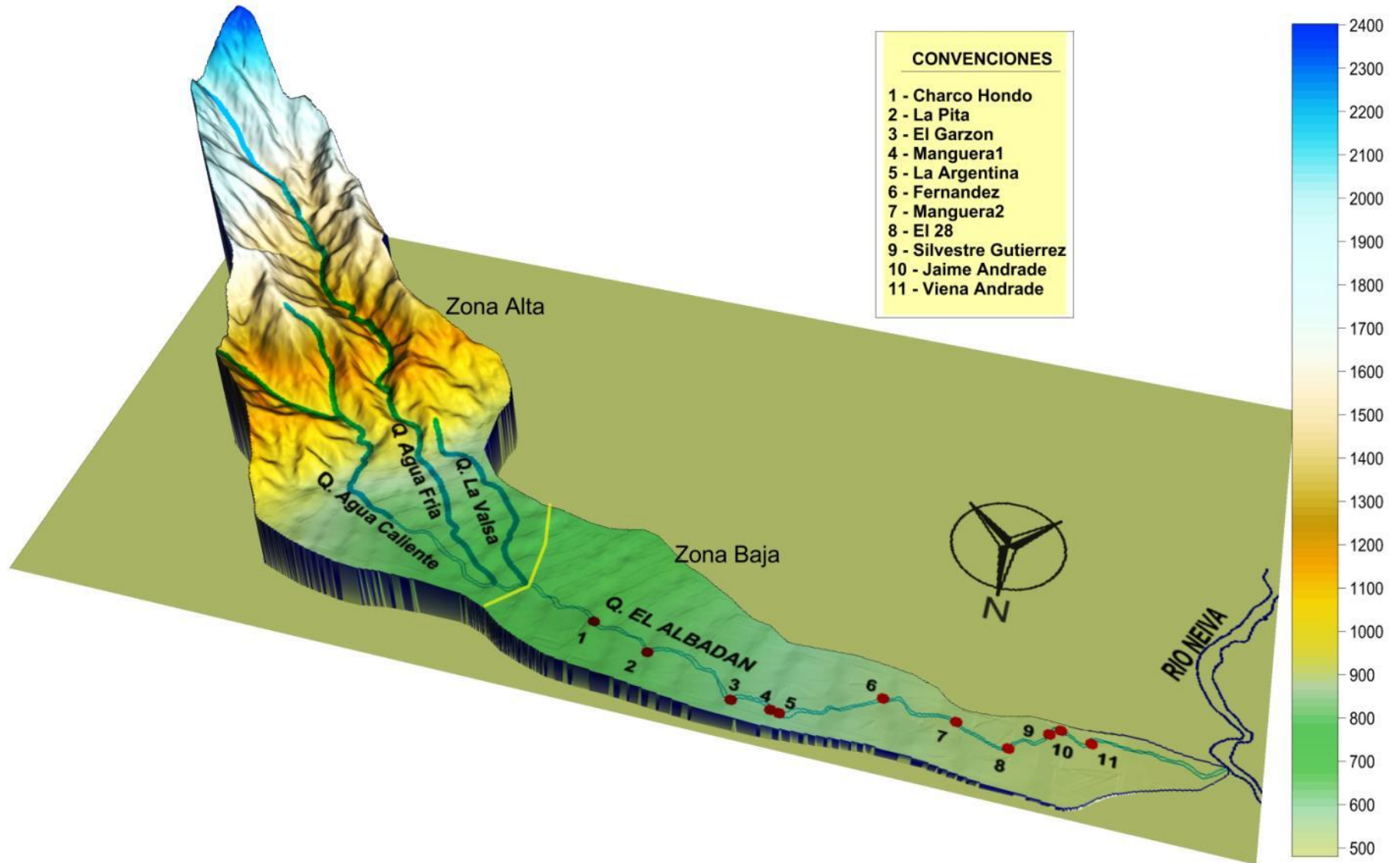
En el Cuadro 8, se resumen los módulos de consumo determinados para los cultivos representativos del área de estudio considerando el módulo crítico (valor máximo) de cada unidad de suelo (Anexos 8 – 15) y el caudal requerido por cultivo. Para otros cultivos se estima un módulo de 0.5 L/s-Ha.

Cuadro 8 Módulos de consumo y caudal requerido

Cultivo	Área (Ha)	Unidad de Suelo		Módulo de riego (L/s/Ha)	Caudal requerido (L/s)
		1	2		
Arroz	84.83	2.00	2.04	2.04	173.06
Tabaco	10.56	0.68	0.63	0.68	7.18
Cacao	27.30	1.05	0.97	1.05	28.67
Pasto	109.65	0.67	0.65	0.67	73.47
Otros	25.00	0.50	0.50	0.50	12.50
Subtotal					294.87
Otros usos					
	Area (Ha)	Prof. Media (m)	Cambio de agua (%)	Demanda (L/s/Ha)	Caudal Requerido (L/s)
Piscícola	3.46	0.6	5	3.47	12.01
	Cantidad		Demanda (L/día)	Caudal Requerido (L/s)	
Domestico	12		200	0.028	
Bovino	60		40	0.028	
CAUDAL TOTAL REQUERIDO					306.88

La demanda de agua es bastante significativa, puesto que el requerimiento hídrico para los cultivos establecidos se requiere, no lo satisface la lluvia. De los cultivos sembrados en el área de estudio, el que más necesita agua es el arroz por ser un cultivo de inundación, generalmente inicia su siembra dos o tres semana antes de que comiencen las precipitaciones.

Figura 2 Subcuenca El Albadán



3.5 HIDROGRAFÍA

Según la “Agenda Ambiental” y el “Esquema de Ordenamiento Territorial” de la CAM (1999), la subcuenca de la quebrada El Albadán pertenece a la cuenca de Río Neiva, cubre un área de 30.1 kilómetros cuadrados y representan el 8.1 % del Municipio de Rivera y tiene como principales afluentes a las quebradas: Agua Caliente, Agua Fría y la Balsa.

3.5.1 Estimación de la oferta hídrica

La determinación de la oferta hídrica de la subcuenca El Albadán se realizó teniendo en cuenta los parámetros morfométricos de toda la subcuenca en su totalidad y de dos subdivisiones:

- a) **Zona alta:** El área desde el nacimiento de la quebrada hasta la primera derivación de la corriente El Albadán.
- b) **Zona Baja:** El área desde la primera derivación hasta la desembocadura de la quebrada, correspondiente al área de estudio.

Adicionalmente se realizaron cuatro (4) aforos a la quebrada en diferentes fechas para obtener datos reales de los caudales de oferta.

3.5.2 Análisis hidrológico a partir de la morfología de la subcuenca

Las características morfométricas de la subcuenca de la quebrada El Albadán se determinaron teniendo en cuenta el Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rivera y el estudio Zonificación de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Zona Norte del Departamento de Huila por Subcuencas, de la Corporación Autónoma del Alto Magdalena Cam (1998).

3.5.2.1 Área y perímetro de la subcuenca

Con base en el mapa cartográfico de cuencas hidrográficas a escala 1:50000 del Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rivera (1999), se determinó que la subcuenca de la quebrada El Albadán tiene un área de 29.37 Km² y un perímetro de 35.96 Km.

3.5.2.2 Densidad de drenaje

De acuerdo con MONSALVE (1995), la densidad de drenaje es la relación entre los cursos de agua de una cuenca y su área total. La densidad de drenaje de la subcuenca El Albadán es de 3.22 Km/km² indicando ser una cuenca bien drenada.

3.5.2.3 Pendiente media del cauce

Esta característica relaciona la altura total del cauce principal (diferencia entre las cotas máxima y mínima) y su longitud. Infiere sobre el tiempo de concentración de las aguas. La pendiente media de la quebrada El Albadán es de 9.02%.

3.5.2.4 Pendiente media de la subcuenca

La pendiente de la subcuenca se estimó por el método de las cuadrículas asociadas a un vector, que consiste en determinar la distribución porcentual de las pendientes de los terrenos por medio de una muestra estadística de las pendientes normales a las curvas de nivel de un número grande de puntos dentro de una cuenca (MONSALVE, 1995). Mediante el software Surfer 9.0, se obtuvieron las pendientes de 1449 puntos dentro de la subcuenca, con una pendiente media de 20.09%.

3.5.2.5 Longitud del cauce principal

La longitud del cauce principal de la subcuenca de la quebrada el Albadán es de 17.17 Km.

3.5.2.6 Forma de la Subcuenca

Se determinó mediante el Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc). La subcuenca del Albadán tiene un coeficiente de compacidad, $Kc = 1.86$ y se clasifica en la forma rectangular, (Anexo 7 - Tabla 1)

3.5.2.7 Tiempo de concentración de las aguas

Este parámetro se estimó empleando la ecuación del Modelo Témez. El tiempo de concentración (T_c) para la subcuenca del Albadán es de 4.11 horas.

Los parámetros morfométricos de la cuenca del Albadán y las dos (2) subdivisiones consideradas se presentan en el Cuadro 9.

Cuadro 9 Características morfométricas de la subcuenca de la quebrada El Albadán en su totalidad y por subdivisiones

PARÁMETRO	UN.	SUBCUENCA DEL ALBADÁN	ZONA ALTA	ZONA BAJA
Área	Km ²	29.37	16.73	12.64
Perímetro	Km	35.96	20.48	20.93
Densidad de drenaje	Km/ Km ²	3.22	3.45	2.89
Pendiente media de la cuenca	m/k m	200.90	316.14	35.20
Longitud del cauce principal	Km	17.17	9.25	7.93
Pendiente media del cauce	m/m	0.09	0.143	0.029
Coeficiente de compacidad	-	1.86	1.40	1.65
Forma de la cuenca	-	Rectangular	Oval Redonda a Oval Oblonga	Oval Oblonga a Rectangular Oblonga
Tiempo de concentración	hr	4.11	2.35	2.84

3.5.3 Estimación de Caudales Medios, Máximos y Mínimos

Los caudales medios, máximos y mínimos se calculan a partir de los parámetros morfométricos de la subcuenca, la información meteorológica y cartográfica, teniendo en cuenta las ecuaciones y variables del Anexo 7.

Caudales medios de la subcuenca de la quebrada El Albadán y sus dos (2) subdivisiones Zonas alta y Baja.

Se estimaron mediante la ecuación de Ortiz y Puentes (1999), citados por CAM - FUNDISPROS (2009). Los caudales estimados se presentan en el Cuadro 10.

Cuadro 10 Caudales medios

CUENCA	FUENTE HÍDRICA	ÁREA (Km ²)	Im (m/Km)	Pma (mm/año)	% BOSQUE	QMED (m ³ /s)
Albadán	Quebrada Albadán	29.37	200.90	1675.6	4.73	0.6508
Albadán Zona Alta	Quebrada Agua Fría	16.73	316.14	1675.6	8.01	0.4603
Albadán Zona Baja	Quebrada Albadán	12.64	35.20	1675.6	0.04	0.0803

Caudales máximos de la subcuenca de la quebrada El Albadán y sus dos (2) subdivisiones Zonas alta y Baja

Para la estimación de los caudales máximos se empleo el método de regionalización desarrollado por el Instituto Colombiano de Hidrología Meteorología y Adecuación de Tierras - HIMAT (1990), citado por CAM - FUNDISPROS (2009), los caudales máximos obtenidos son:

Cuadro 11 Caudales máximos

CUENCA	FUENTE HÍDRICA	ÁREA (Km ²)	CAUDALES MÁXIMOS (m ³ /s)					
			PERIODOS DE RETORNO (AÑOS)					
			2.33	5	10	25	50	100
Albadán	Quebrada Albadán	29.37	19.21	24.4762	28.7617	34.1764	38.1934	42.1806
Albadán Zona Alta	Quebrada Agua Fría	16.73	12.31	21.8289	18.437	21.908	24.483	27.0389
Albadán Zona Baja	Quebrada Albadán	12.64	9.87	17.1529	14.7776	17.5597	19.6236	21.6722

Caudales mínimos de la subcuenca de la quebrada El Albadán y sus dos (2) subdivisiones Zonas alta y Baja

Para determinar el caudal mínimo o de máximo estiaje de la subcuenca del Albadán se empleó la ecuación de Iszkowski, citado por FRANQUET (2009). Teniendo en cuenta las características de la subcuenca de la quebrada El Albadán y las dos subdivisiones, para un terreno poco permeable se adopta un coeficiente $\lambda=0.8$. (Ver Anexo 7 - Tabla 2)

El coeficiente de escorrentía (ϵ) para valores anuales se determina por la ecuación de Kéller, citado por FRANQUET (2009), (Ver Anexo 7). De acuerdo a la precipitación media de la subcuenca de la quebrada El Albadán de 1675.6 mm anuales, se estima el coeficiente de escorrentía medio de la cuenca en $\epsilon=0.79$. Con base en lo anterior los caudales mínimos estimados para la subcuenca del Albadán son:

Cuadro 12 Caudales mínimos

CUENCA	FUENTE HÍDRICA	ÁREA (Km ²)	ϵ	PMA (m/año)	λ	QMIN (m ³ /s)
Albadán	Quebrada Albadán	29.37	0.79	1.6756	0.8	0.1959
Albadán Zona Alta	Quebrada Agua Fría	16.73	0.79	1.6756	0.8	0.1116
Albadán Zona Baja	Quebrada Albadán	12.64	0.79	1.6756	0.8	0.0843

De acuerdo al balance hídrico se establece que la oferta de la subcuenca es insuficiente para suplir las necesidades hídricas de forma continua y a toda hora para las actividades propias de los habitantes del área estudiada que se abastecen de este cuerpo de agua, ya que la demanda requerida excede en un 69% del caudal mínimo en época de máximo estiaje. Además se debe tener en cuenta la demanda hídrica de zona alta de la cuenca, la cual no fue considerada en el área de estudio.

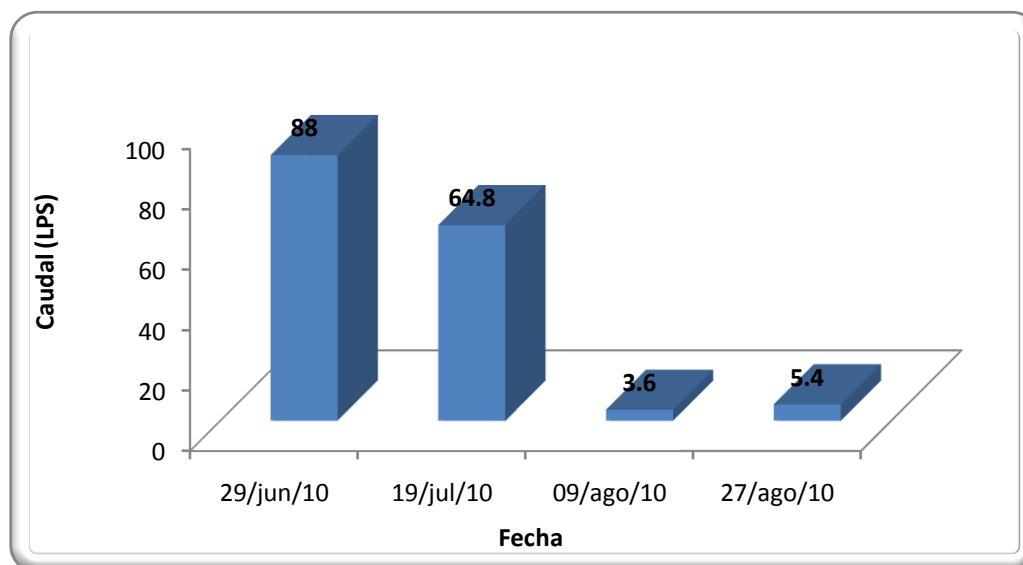
Por este motivo se deben establecer sistemas de turnos por cada una de las derivaciones de la quebrada, para distribuir el caudal disponible sin afectar los ecosistemas naturales de la zona.

3.5.4 Aforos de caudal realizado en el área de estudio

Para establecer la oferta hídrica de la quebrada El Albadán se realizaron aforos en época de mayor estiaje con ayuda de micromolinetes, en el punto aguas arriba de la primera derivación sobre el cauce. Los caudales obtenidos con sus respectivas fechas se muestran en el Cuadro 13 y la gráfica 8.

Cuadro 13 Aforos puntuales realizados

CORRIENTE	COORDENADA		CAUDAL MEDIDO (L/s)	FECHA
	Este	Norte		
Quebrada El Albadán	868606	797276	88.00	29/06/2010
Quebrada El Albadán	868606	797276	64.80	19/07/2010
Quebrada El Albadán	868606	797276	3.60	09/08/2010
Quebrada El Albadán	868606	797276	5.40	27/08/2010



Gráfica 7 Histograma de caudales de la quebrada El Albadán

De acuerdo con la gráfica 7, el mes de máximo estiaje es agosto por lo tanto se debe restringir cualquier tipo de cultivo, sin embargo se debe tener en cuenta que son aforos puntuales realizados en periodo crítico para el año 2010. Por lo tanto no se tiene en cuenta para establecer la oferta hídrica.

3.6 DISTRIBUCIÓN DE CAUDALES

3.6.1 Oferta hídrica neta o caudal base de reparto

Para la determinación del caudal que va a ser asignado a los usuarios de la quebrada El Albadán se deben estimar los caudales oferta y ecológico cuya diferencia equivale al caudal base de reparto.

Con base en los caudales mínimos calculados a partir de la morfometría del área desde el nacimiento de la quebrada hasta la primera derivación de la corriente El Albadán, sitio donde empieza el área de estudio, y el análisis de aforos puntuales se concluye que debido a la inexistencia de información de registro de caudales sobre la corriente, se determina calcular los caudales teniendo en cuenta los

parámetros morfométricos de la subcuenca de la quebrada El Albadán, el cual se estima un caudal mínimo de 111.16 lt/s

3.6.2 Caudal a conservar en la fuente o caudal ecológico

El caudal ecológico se determinó por el método OHIDRICAMI (Cifuentes, 2009), que consiste en dejar en la fuente 15% del caudal mínimo, lo que corresponde a 16.74 L/s, por lo tanto la oferta hídrica neta disponible es de 94.86 L/s.

3.6.3 Caudal de demanda

Según las encuestas agropecuarias realizadas a los usuarios, el área total de los predios a beneficiar es 540.13 Has de los cuales 257.34 Has son irrigables, requiriendo un caudal de 319.42 L/s. Además de los anteriores usos, se encuentran los usos pecuarios y domésticos que requieren un caudal de 12.01 L/s. En total se requiere un caudal de 306.88 L/s para satisfacer las necesidades agropecuarias en la zona de estudio.

3.7 PROPUESTA DE DISTRIBUCIÓN DEL RECURSO HÍDRICO

De acuerdo con los módulos de consumo previamente determinados en el estudio (Cuadro 8), la demanda total de agua es de 306.88 L/s. La oferta de la quebrada se estableció en 94.86 L/s, indicando un déficit de 235.63 L/s, por lo tanto para el riego de todos los cultivos se hace necesario aplicar sistema de turnos.

Para lograr mayor eficiencia en el uso del agua, se sugiere regar durante el día los cultivos de sombrío y de menor demanda de riego, para disminuir las pérdidas de agua por evaporación. Además se recomienda implementar sistemas de riego con mayor eficiencia como la aspersión en el pasto y mejorar los sistemas de riego por gravedad para disminuir las pérdidas por escorrentía superficial, aplicando técnicas como la nivelación del terreno en el cultivo del arroz.

Teniendo en cuenta las recomendaciones anteriores, se propone disponer el agua para los cultivos de cacao en las horas diurnas que comprenden de 6:00 A.M. a 6:00 P.M. y en las horas nocturnas (6:00 P.M. a 6:00 A.M.) utilizar el agua para el regadío de pastos, tabaco y otros. Las demandas para los usos humano y pecuario (incluido el piscícola) serán abastecidas de forma permanente.

En épocas de máximo estiaje se propone la reducción de los cultivos de arroz y pastos en un 70% y 15% respectivamente, para mantener el caudal ecológico de la quebrada. De esta manera cada predio tendrá la posibilidad de regar todos los días, de acuerdo al turno, diurno, nocturno o ambos. La distribución de caudales y turnos de riego para los cultivos se plantea en el cuadro 14.

Cuadro 14 Distribución de caudales y turnos de riego por cultivo

Uso	Demanda (L/s)	
	Diurno	Nocturno
Arroz	51.81	-
Tabaco	-	7.21
Cacao	28.59	-
Pasto	-	62.75
Otros	-	12.50
Subtotal	80.40	82.46
Humano	0.028	0.028
Bovino	0.028	0.028
Piscícola	12.01	12.01
Total	92.47	94.53
Diferencia	2.39	0.33

En el cuadro anterior la diferencia indica el caudal disponible (94.86 L/s) menos el caudal demandado en cada jornada.

3.8 CUADRO DE DISTRIBUCION DE CAUDALES

Para el cuadro de distribuciones se organizaron las derivaciones por orden de localización aguas abajo en la quebrada, asignándole un código a las derivaciones (D), subderivaciones (Sd), ramales (R) y subramificaciones (Sr) teniendo en cuenta la margen del cauce, derecha (D), izquierda (I) para facilitar su identificación (Cuadro 15), los resultados se presentan en el cuadro 16.

Cuadro 15 Codificación sistema de conducción de aguas quebrada El Albadán

NOMBRE SISTEMA DE CONDUCCION	CODIGO	DEFINICION
Derivación	D	Sistema de conducción de aguas con captación en la quebrada
Subderivación	Sd	Sistema de conducción de aguas con captación en una derivación
Ramificación	R	Sistema de conducción de aguas con captación en una subderivación
Subramificación	Sr	Sistema de conducción de aguas con captación en una Ramificación

Ejemplo: 6D3I - corresponde a la sexta derivación tercera izquierda

Cuadro 16 Distribución de caudales para la corriente El Albadán

INFORMACIÓN BÁSICA			USO AGRICOLA (Ha)					OTROS USOS			CAUDAL	Caudal	Caudal	
DERIVACIÓN	PROPIETARIO	PREDIO	ARROZ	TABACO	CACAO	PASTO	OTROS	TOTAL	DOMES.	BOVINO	PISC. (Ha)	REQ.(L/s)	Diurno	Nocturno
PRIMERA DERIVACIÓN PRIMERA IZQUIERDA (1D1) - CHARCO HONDO														
1Sd1D	Mariela Bustos Fernandez	Riverita			1.00			1.00				1.05	1.05	0.00
2Sd2D														
1R1D	Mariela Bustos Fernandez	El Perdomo	5.00					5.00				10.18	3.05	0.00
2R1I	Celmira Losada y Rodrigo Gutierrez	La Paloma	5.00	0.75				5.75				10.96	3.84	0.00
3R2I	Edilberto Cuellar Olaya	La Pedregosa	5.00					5.00	2			10.18	3.06	0.00
4R3I	Fidel Losada Charry	Pinares				0.65		0.65				0.44	0.00	0.37
5R2D	Dagoberto Bustos Fernandez	El Guayabo	5.00					5.00				10.18	3.05	0.00
6R3D	Luis Humberto Bustos Fernandez	El Perdomo	4.00			3.00		7.00				10.16	2.44	1.72
3Sd1I	Euclides Losada Charry	San José			0.75	0.50	1.00	2.25		3		1.62	0.79	0.79
4Sd2I														
1R1I	Mariela Bustos Fernandez	El Perdomo	0.50					0.50				1.02	0.31	0.00
2R1D	Diana Cristina Gutierrez Quimbaya	El Algarrobo			2.00			2.00				2.09	2.09	0.00
3R2D	Mariela Garzón Fernandez	La Pedregosa			2.00		1.00	3.00				2.59	2.09	0.50
4R2I	Hugo Hmey Losada Bustos	La Escolastica	0.50					0.50				1.02	0.31	0.00
1Sr1d	Mariela Bustos Fernandez	La Pedregosa	5.00			5.00		10.00				13.54	3.05	2.86
2Sr2d	Luis Humberto Bustos Fernandez	El Perdomo	4.00			5.00		9.00				11.51	2.44	2.86
3Sr1i	Luis Hernan Fernandez Cortéz	El Perdomo			0.80		1.00	1.80				1.34	0.84	0.50
4Sr3d	Elvia Losada Santana y Otra	El Limon	4.00				2.00	6.00				9.14	2.44	1.00
5Sr2i	Jairo Andrés Aristizabal Hoyos	El Pentagrama					1.00	1.00		0.34		1.68	1.18	1.68
6Sr3i	Jesús María Garzón	La Pedregosa				16.00		16.00				10.77	0.00	9.16
7Sr4d	Sandra Patricia Calderón Polania y Gustavo Cesar Fierro Gualy	El Dinde				6.00	1.00	7.00				4.54	0.00	3.93
SUBTOTAL			38.00	0.00	7.30	36.15	7.00	88.45	2.00	3.00	0.34	114.03	32.04	25.37
SEGUNDA DERIVACIÓN PRIMERA DERECHA (2D1D) - LA PITA														
1Sd1D	Consuelo Galindo	Buenos Aires			2.00	3.00	2.50	7.50			0.25	6.23	2.96	3.83
2Sd2D	Arcesio Rios	El Mangón			4.00	2.00	3	9.00			0.25	7.90	5.06	3.51
SUBTOTAL			0.00	0.00	6.00	5.00	5.50	16.50	0.00	0.00	0.50	14.14	8.02	7.35
TERCERA DERIVACIÓN SEGUNDA DERECHA (3D2D) - EL GARZON														
1Sd1I	Luis Ernesto Cabrera Caicedo	Lote		0.36				0.36				0.24	0.00	0.24
2Sd2I	Marco Tulio Bernal	El Albadán						0.00			0.12	0.42	0.42	0.42
4Sd1D	Omar Garcia	Parcela No. 7 - El Diamante		3.00	3.00		1.50	7.50		7		5.94	3.15	2.80
5Sd3I	Tobias Narváez Benavides	Parcela No. 6 - El Diamante			3.00	2.00	2.00	7.00		15		5.50	3.15	2.15
5Sd4I	Luis Jorge Losada Montenegro	Argentina-Lote A6				4.00		4.00		6		2.70	0.00	2.29
6Sd2D	Jose Vicente Vidal Solarte	Albadán			1.00			1.00				1.05	1.05	0.00
7Sd3D	William Vargas	El Silencio				10.00		10.00			2.00	13.68	6.94	12.67
8Sd4D	Javier Garcia Charry	Rancho La Hojarasca				2.00	2.00	4.00				2.35	0.00	2.14
SUBTOTAL			0.00	3.36	7.00	18.00	5.50	33.86	0.00	28.00	2.12	31.87	14.71	22.72

Continuación Cuadro 16 Distribución de caudales para la corriente El Albadán

INFORMACIÓN BÁSICA			USO AGRICOLA (Ha)					OTROS USOS			CAUDAL REQ.(L/s)	Caudal Diurno	Caudal Nocturno	
DERIVACIÓN	PROPIETARIO	PREDIO	ARROZ	TABACO	CACAO	PASTO	OTROS	TOTAL	DOMES.	BOVINO				PISC. (Ha)
CUARTA DERIVACIÓN SEGUNDA IZQUIERDA (4D2I) - MANGUERA1														
4D2I	Claudia Constanza Aviles Ospina	El Ceballo						0.00			0.25	0.87	0.87	
SUBTOTAL			0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.25	0.87	0.87	0.00
QUINTA DERIVACIÓN TERCERA DERECHA (5D3D) - LA ARGENTINA														
1Sd1I	Henry Alberto Garcia Chacon	Parcela No. 10 - El Diamante			3.00		3.00	6.00	4	4		4.65	3.15	1.51
2Sd2I	Alvaro Avila G. y Elisa Murcia de Molina	Argentina-Lotes A4				2.00		2.00				1.35	0.00	1.14
	Alvaro Avila G. y Elisa Murcia de Molina	Argentina-Lotes A5				7.00		7.00				4.71	0.00	4.01
	Avila Gordillo-Hermanos y Cia S. EN C.	Las Brisas				3.50		3.50				2.36	0.00	2.00
	Avila Gordillo-Hermanos y Cia S. EN C.	El Bural		7.20				7.20				4.92	0.00	4.92
3Sd1D	Luis Jorge Losada Montenegro	Argentina-Lote A1				8.00		8.00				5.39	0.00	4.58
	Luis Jorge Losada Montenegro	Argentina-Lotes A2				8.00		8.00				5.39	0.00	4.58
SUBTOTAL			0.00	7.20	3.00	28.50	3.00	41.70	4.00	4.00	0.00	28.76	3.15	22.74
SEXTA DERIVACIÓN TERCERA IZQUIERDA (6D3I) - FERNANDEZ														
1Sd1D	Oliverio Charry Puentes	La Carpa	1.00		3.00	2.00		6.00				6.52	3.75	1.14
2Sd1I	Alia Gutierrez Losada	Las Ceibas	3.00			1.00		4.00				6.78	1.83	0.57
3Sd2D	Humberto Fernández	Las Carpas	1.33					1.33				2.71	0.81	0.00
4Sd3D	Jorge Elicer Andrade Santos	Batracios	5.00			5.00	4.00	14.00				15.54	3.05	4.86
SUBTOTAL			10.33	0.00	3.00	8.00	4.00	25.33	0.00	0.00	0.00	31.56	9.45	6.58
SEPTIMA DERIVACIÓN CUARTA IZQUIERDA (7D4I) - MANGUERA2														
7D4I	Oliverio Charry Puentes	La Carpa			1.00			1.00				1.05	1.05	0.00
SUBTOTAL			0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.05	1.05	0.00
OCTAVA DERIVACIÓN CUARTA DERECHA (8D4D) - EL 28														
1Sd1D	Adela Polania	Los Cauchos				10.00		10.00	6	25	0.25	7.63	0.89	6.62
2Sd1I	Adela Polania	La Virginia	10.00					10.00				20.36	6.11	0.00
SUBTOTAL			10.00	0.00	0.00	10.00	0.00	20.00	6.00	25.00	0.25	27.98	7.00	6.62
NOVENA DERIVACIÓN QUINTA DERECHA (9D5D) - SILVESTRE GUTIERREZ														
9D5D	Suc. Alberto Castillo Lozada	El Recuerdo	10.00					10.00				20.36	6.11	0.00
SUBTOTAL			10.00	0.00	0.00	0.00	0.00	10.00	0.00	0.00	0.00	20.36	6.11	0.00
DECIMA DERIVACIÓN QUINTA IZQUIERDA (105I) - JAIME ANDRADE														
10D5I	Suc. Jaime Andrade Murcia	La Floresta	5.00					5.00				10.18	3.05	0.00
SUBTOTAL			5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	5.00	0.00	0.00	0.00	10.18	3.05	0.00
DECIMA PRIMERA DERIVACIÓN SEXTA IZQUIERDA (11D6I) - VIENA ANDRADE														
1Sd1D	Viena Andrade de Perdomo	La Pedregosa	0.50					0.50				1.02	0.31	0.00
2Sd1I	Viena Andrade de Perdomo	Los Cauchos	3.00					3.00				6.11	1.83	0.00
3Sd2D	Braulio Jojoa Andrade	La María	8.00			4.00		12.00				18.98	4.89	2.29
SUBTOTAL			11.50	0.00	0.00	4.00	0.00	15.50	0.00	0.00	0.00	26.10	7.02	2.29
TOTAL - Ha			84.83	10.56	27.30	109.65	25.00	257.34	12.00	60.00	3.46	306.88	92.47	93.66

3.9 OBRAS DE CAPTACIÓN Y CONTROL

Las obras de captación y control previstas para la regulación del caudal requerido por cada una de las derivaciones sobre el cauce se diseñaron teniendo en cuenta principalmente su factibilidad económica y constructiva, puesto que la construcción se debe hacer por parte de los usuarios. De acuerdo al caudal requerido para cada derivación, se diseñaron las obras Tipo 1 y 2 para 50 L/s y 150L/s, respectivamente. Las obras de captación consisten en canales cortos ubicados en las márgenes de la quebrada, para encauzar parte de las aguas. La regulación del agua en cada canal se realiza mediante una canaleta parshall para aforar el caudal entrante, una compuerta metálica deslizante aguas arriba para graduar y permitir la entrada solo del caudal requerido, además de un vertedero lateral aguas arriba de la compuerta para evacuar excesos. Los diseños de las obras y sus ubicaciones se muestran en el Anexo 18.

3.9.1 Diseño del canal de captación

Se diseñaron teniendo en cuenta los parámetros básicos de una sección rectangular, teniendo en cuenta una buena estabilidad del lecho y facilidad de construcción, con capacidad de transporte hasta 50 L/s para captación tipo 1 y 150 L/s para captación tipo 2. La pendiente de solera se estimó en 0.2% (0.002m/m) y el coeficiente de fricción de manning (n) se determinó a partir de la metodología de Cowan, para canal en concreto, $n=0.044$. Para el diseño de la sección del canal se tuvo en cuenta las secciones hidráulicas óptimas de acuerdo con Chow (1994), para canales rectangulares:

Cuadro 17 Sección hidráulica óptima para canales rectangulares

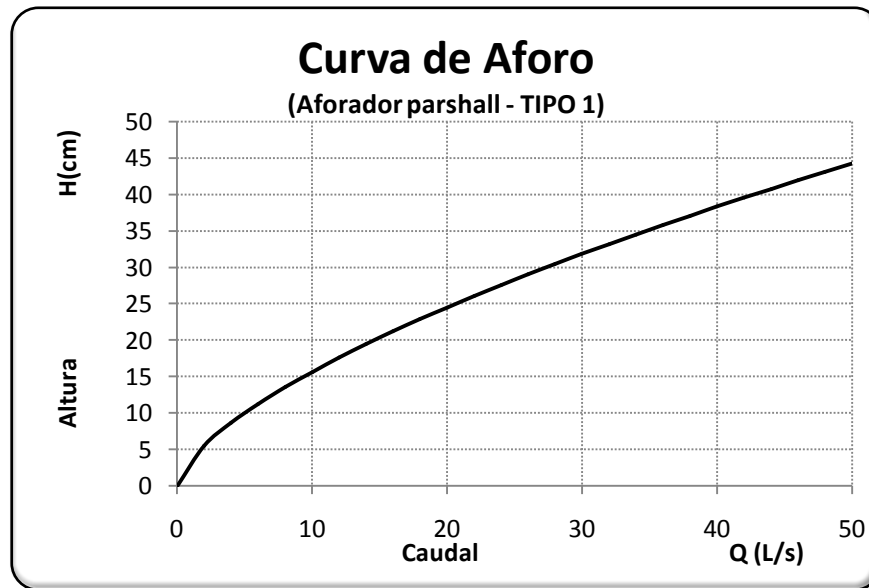
Profundidad	Base	Área	Perímetro	Radio hidráulico
y	$2y$	$2y^2$	$4y$	$y/2$

Fuente: Chow, 1994

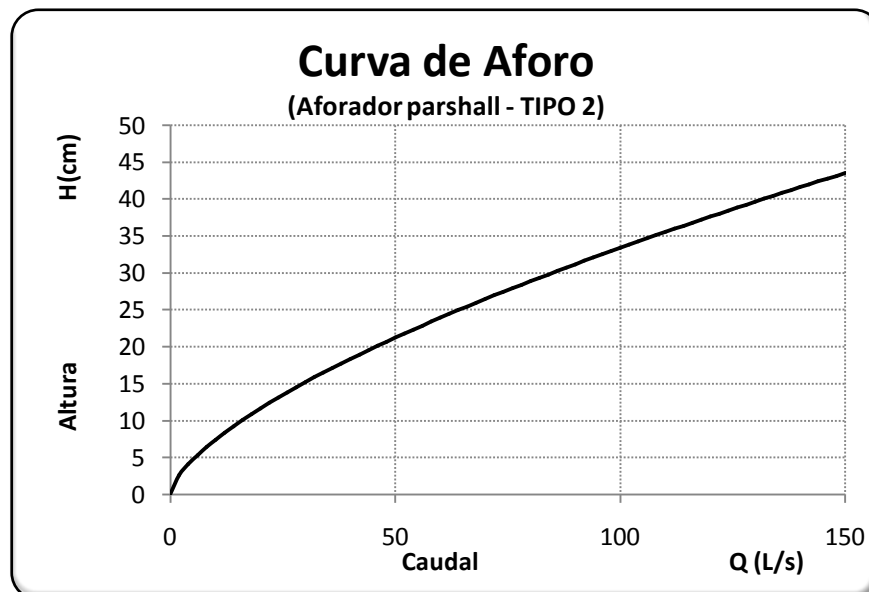
Donde la profundidad normal de la sección (y), se estimó a partir de la ecuación de Manning para flujo uniforme en canales abiertos.

3.9.2 Diseño de la estructura de medición. Canaleta Parshall

Se diseñaron canaletas parshall tipo1 y 2, de acuerdo al caudal a medir. Para su dimensionamiento, se tuvieron en cuenta los modelos de canaletas para caudales entre 1 y 53 L/s para las obras tipo 1 y entre 25 y 252 para obras de tipo 2 de acuerdo con Chow (1994). El caudal de los canales se puede determinar partir de las siguientes curvas de aforo:



Gráfica 8 Curva de aforo Canaleta Parshall Tipo 1



Gráfica 9 Curva de aforo Canaleta Parshall Tipo 2

3.9.3 Compuerta

Para la regulación de la entrada del agua a los canales se proponen compuertas metálicas deslizantes teniendo en cuenta las dimensiones del canal.

3.9.4 Vertedero de excesos

Para la determinación de las dimensiones del vertedero de excesos se tuvo en cuenta la profundidad máxima del agua en el canal correspondiente al caudal requerido en cada tipo de canal y el respectivo borde libre.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La oferta hídrica para el proyecto se estimó en 94.86 L/s, no obstante este valor representa el total de los aportes de la zona alta de la subcuenca sin considerar la demanda de éste área. Por este motivo la propuesta realizada no se debe tener en cuenta para una distribución real de agua en la quebrada El Albadán, sino solamente como un estimativo teórico.

Según los aforos realizados a la corriente no se deben regar ningún tipo de cultivo en periodos críticos, especialmente en agosto, sin embargo a falta de registros históricos de caudales en la corriente se emplearon con los obtenidos a partir de la morfometría de la zona alta de la subcuenca, despreciando su demanda.

De acuerdo al balance hídrico, estimado con la morfometría de la subcuenca, existe un déficit de caudal de 70% aproximadamente, lo cual hace imposible atender la demanda total de los usuarios de forma continua, por lo tanto se requiere la aplicación de turnos y restricciones de siembra del 70% para cultivos en arroz y un 15% para pastos, permitiendo así un adecuado manejo del recurso hídrico de forma eficiente y equitativa. El caudal a utilizar en el turno diurno se estimó en 92.47 L/s. y el nocturno en 94.53 L/s., satisfaciendo las necesidades de los usuarios.

Debido a la falta de información hidroclimática en la zona, se sugiere a los usuarios implementar estaciones hidrológicas para tener registros confiables y así poder realizar planes de siembra en diferentes épocas del año.

Para tener un control sobre los caudales derivados, en cada canal se recomienda a los usuarios de la quebrada El Albadán la construcción de obras de captación y control en el inicio de cada uno de los canales utilizados para riego, como son canaletas Parshall de capacidad de 0 a 50 L/s y de 25 a 150 L/s diseñadas en el presente estudio para que los usuarios las adopten de acuerdo a sus necesidades.

El muestreo de los suelos de la subcuenca se hizo con el propósito de examinar sus características físicas generales, se hace necesario estudiar con detalle las propiedades hidrofísicas y físico-químicas para cada predio, con el fin de dar la debida orientación a los usuarios y elaborar planes de cultivos, mecanización, métodos de riegos, prácticas culturales y agronómicas.

Es necesario que los usuarios de la subcuenca El Albadán organicen el sistema local de administración del recurso hídrico con el propósito de autoregularse en el consumo de agua, mejoramiento de canales, construcción de obras hidráulicas y planificación de la producción.

4.1 Pautas para el uso eficiente y ahorro del agua

En el área de estudio se recomienda la elección de sistemas de riego de acuerdo al cultivo implementado teniendo en cuenta fundamentalmente las siguientes observaciones:

- ✓ Realizar una adecuada operación y mantenimiento a canales y estructuras hidráulicas de tal forma que suministren los caudales necesarios evitando así desperdicios y pérdidas innecesarias.
- ✓ Programar el riego por periodos vegetativos para fomentar el ahorro del agua mejorando las técnicas de riego teniendo en cuenta el agua realmente aprovechable por las plantas determinando así cuanto y cuando regar, considerando el régimen de lluvias, las necesidades de riego para diferentes cultivos estimados con el cálculo de la evaporación y balance hídrico.
- ✓ Elegir apropiadamente sistemas de riego acorde con las necesidades hídricas del cultivo y la disponibilidad de agua teniendo en cuenta que los sistemas de riego presurizado o a presión aumentan la eficiencia del uso del agua a diferencia de los sistemas de riego por gravedad.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R. J.; ARAGÓN, C.; LLANOS; MADERO E., 1997. Cartografía ultra-detallada de suelos y evaluación de tierras del Centro Experimental de la Universidad Nacional de Colombia (CEUNP) Sede Palmira. Acta Agron (Palmira) 47 (1): 23-34.

ALCALDÍA DE RIVERA, 2010. Geografía. Descripción física. Colombia. [en línea]. (2010). [consultado 13 de Septiembre de 2010]. Disponible en: <<http://rivera-huila.gov.co/nuestromunicipio.shtml?apc=m111--&m=f#geografia>>

ALLEN R.G., PEREIRA L.S., RAES D., SMITH M., 1998. Evapotranspiración del cultivo - Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Cuadernos de riego y drenaje n. 56. FAO. Roma. [en línea]. (2006). [consultado 03 de Septiembre 2010]. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/009/x0490s/x0490s00.htm>>

ANAYA M. 1994. Captación in situ del agua de lluvia para la agricultura de temporal, México. [en línea]. (2010). [consultado 03 de Septiembre 2010]. Disponible en: <<http://www.rregar.com/index.php?/ver-detalles/a-textos-y-trabajos/articulos-y-ensayos/captacion-in-situ-del-agua-de-lluvia-para-la-agricultura-de-temporal.html>>

APARICIO M, Francisco J., 1987. Fundamentos de Hidrología de Superficie. Ed. Limusa-Noriega Editores. 303 Págs.

AQUASTAT. 2010. Aéreas Irrigadas en Colombia. [en línea]. (2008) [consultado 15 octubre de 2010] Disponible en: <<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/co/index.stm>>

BANCO MUNDIAL. 2010. Extracción Anual de agua dulce par uso agrícola. [en línea]. (2008). [consultado 15 de octubre 2010]. Disponible en: <<http://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS>>

CAM – FUNDISPROS (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Fundación Desarrollo de las Ingenierías y Ciencias de Salud para la Proyección Social) (Convenio), 2009. Revisión y actualización de la reglamentación para la corriente Río Aipe, Municipio de Aipe – Huila. Informe Final 2009. Neiva. 382 Págs.

CAM – SINA (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Sistema Nacional Ambiental), (convenio), 2005. Revisión de la reglamentación y conformación del sistema de administración del recurso hídrico, corriente Río Frio, Municipio de Rivera Departamento del Huila. Informe Final 2005. Neiva.

- CAM – USCO (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Universidad Surcolombiana), (Convenio), 2005. Revisión de la reglamentación e implementación sistema de administración del recurso hídrico, -SILARH-, corriente Río Neiva, Municipio de Campoalegre, Departamento del Huila. Informe Final 2007. Neiva. 127 Págs.
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena), 1998. Zonificación de Ordenamiento y Manejo Ambiental de la Zona Norte del Departamento del Huila por Subcuencas. Neiva.
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena), 1999. Agenda Ambiental Municipio de Rivera. Neiva.
- CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena), 1999. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rivera. Neiva.
- CAMACHO, Camilo., 2010. Uso de aguas residuales una alternativa de sostenibilidad. En: Latinoamérica sostenible. Vol. 01, No. 02. (sep – nov, 2010); p. 104 – 105.
- CAP (Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía), 2010. Aplicación Web para la Programación de Riegos en Tiempo Real. [en línea]. (2010). [consultado 05 de Septiembre 2010]. Disponible en: <http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/ifapa/sar/contents/es/recomendacion/publico/web_Programacion_Riegos.pdf>
- CHOW, Ven Te., 2000. Hidrología Aplicada. Ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1994. ISBN: 9586001717. 584 Págs.
- CHOW, Ven Te., 1994. Hidráulica de Canales Abiertos. Ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1994. ISBN: 9586002284. 667 Págs.
- CIFUENTES P, Miguel G., 2006. Instalación, Administración, Operación, y Mantenimiento, Proyectos de Irrigación a Pequeña Escala. Neiva. P 29 - 31.
- COLOMBIA, CONGRESO DE LA REPUBLICA. Ley 373 de 1997. Bogotá. 1997
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA. Decreto 1541 de 1978. Bogotá. 1978.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AMBIENTE, VIVIENDA Y DESARROLLO TERRITORIAL, Resolución 865 de 2004. Bogotá. 2004.

CORCHO R, Freddy H. y DUQUE, José I. 1993. Acueductos: teoría y diseño. Medellín. Universidad de Medellín. 590 Págs.

CVC (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca), 2010. Sistemas de Medición de Agua Captada en Fuentes Superficiales. Santiago de Cali. 20 págs. [en línea]. (2010). [consultado 15 de Octubre 2010]. Disponible en: <<http://www.cvc.gov.co/vsm38cvc/data/rep/ufiae88e8d8ae3fb3e8db6f33ced06e5083.pdf>>

DE DIOS, Carlos A., 1996. Secado de granos y secadoras. [en línea]. (2008). [consultado 13 de Agosto 2008]. Disponible en: <<http://www.fao.org/docrep/x5028s/X5028S00.htm#Contents>>

DÍAZ, O. Jaime E., 2006. Riego por gravedad. Ed. Universidad del Valle, Cali. ISBN: 9789586705394. 190 Págs.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2010. Irrigation. [en línea]. (2010). [consultado 15 de octubre 2010]. Disponible en: <http://www.fao.org/nr/water/topics_irrigation.html>

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación), 2000. Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia, experiencias en América Latina. Santiago, Chile. [en línea]. (2010). [consultado 03 de Septiembre 2010]. Disponible en: <<ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/ai128s/ai128s00.pdf>>

FRANQUET, B. Josep, M., (2009). El caudal mínimo medioambiental del tramo inferior del Río Ebro. Tortosa, España. 341 Págs. [En línea], [Consultado 15 de Septiembre, 2010]. Disponible en <<http://www.eumed.net/libros/2009b/564/564.zip>>

GODINO, Miguel., 2010. Las cuencas hidrográficas en el uso del agua. Memorias Primer Seminario Uso Racional del Agua en Proyectos de Irrigación -USRA-. Neiva.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2010. Registros de estaciones meteorológicas e hidrológicas. Neiva.

IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2010. Índice de Sequia Mensual. [en línea]. (2010). [consultado 02 de septiembre 2010]. Disponible en: <<http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>>

IGAC (Instituto Geográfico Agustín Codazzi), 2006. Métodos Analíticos de Laboratorio de Suelos. 6ª Edición. P 51 – 60, 404 – 406, 450 – 452.

- LINSLEY, Ray, K., Hidrología para Ingenieros. Ed. McGraw Hill, Bogotá. 1977. 382 Págs.
- MAHECHA, Rafael., 2010. Conceptos de hidrología e irrigación aplicados en el cultivo del cacao. Memorias evento Choco Andino 2010. Bogotá.
- MATERON, M. Hernan., 1997. Obras Hidráulicas Rurales. Universidad del Valle, Santiago de Cali. ISBN: 9586700909. 323 págs.,
- MEJÍA R., Oscar., 2008. El Recurso Hídrico en la Jurisdicción de Corantioquia. Corporación Autónoma Regional del Centro de Antioquia (CORANTIOQUIA). Ed. Oficina Asesora de Comunicaciones. ISBN 978-958-97427-6-1, Primera Edición Medellín, 2008. 213 págs. [en línea]. (2008). [consultado 03 de Septiembre 2010]. Disponible en: <http://www.corantioquia.gov.co/sitio/images/stories/pdf/hidrico/recurso_hidrico.pdf>
- MONCAYO, C. Oscar J. y ROJAS, M. Juan. 2010. Informe final contratos 021 y 025 de 2010. Neiva: Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Cam.
- MONSALVE S, Germán., 1995. Hidrología en la Ingeniería. Ed. Escuela Colombiana de Ingeniería. Bogotá. 358 Págs.
- PONCE, Víctor M., 1994. Engineering Hidrology, Principles and Practices. Ed. McGraw-Hill. [en línea]. (2010). [consultado 03 de Septiembre 2010]. Disponible en: <http://ponce.sdsu.edu/330textbook_hydrology_chapters.html>
- RIOS, V. Alexander.; VERA, M. Ariel., 2005. Sistema local de administración del recurso hídrico en la cuenca hidrográfica de la Quebrada La Majo, Municipio de Garzón - Huila. Tesis (Ingeniero Agrícola), Universidad Surcolombiana. Facultad de Ingeniería. Neiva.
- SALDARRIAGA V., Juan G., 2007. Hidráulica de tuberías. Abastecimiento de agua, redes, riegos. Ed. Universidad de Los Andes (Ediciones Uniandes) Alfaomega, Bogotá. ISBN: 9789586826808. 665 Págs.
- SIR (Sistema de Información Regional Huila). 2010. División Político Administrativa Departamento del Huila. Rivera. [En línea], [Consultado 09 de Septiembre, 2010]. Disponible en <<http://sir2.gobhuila.gov.co/mapas-mpios/RIVARA.jpg>>
- ZAMBRANO S, Hugo I. 2003. Introducción al estudio de las ciencias de la Tierra (Geociencias). 1ra Ed. Editorial. Universidad Surcolombiana, Neiva. ISBN: 958-8154-31-6. 337 Págs.

ANEXOS

ANEXO 1 INFORMACION CLITOLOGICA IDEAM

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES TOTALES MENSUALES DE PRECIPITACION (mms)

FECHA DE PROCESO : 2010/12/27

ESTACION : 2111044 GUADUAL EL

LATITUD	0247 N	TIPO EST	PM	DEPTO	HUILA	FECHA-INSTALACION	1983-SEP
LONGITUD	7514 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	RIVERA	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0735 m.s.n.m	REGIONAL	04 HUILA-CAQUET	CORRIENTE	NEIVA		

```

*****
A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *
*****
1991 2 01 106.8 29.0 194.5 85.0 95.9 29.3 46.2 11.3 96.1 15.5 158.9 127.6 996.1
1992 2 01 123.5 24.0 3 56.7 3 43.0 145.0 3.0 10.0 26.4 50.9 15.0 311.3 298.7 1107.5 3
1993 2 01 30.3 308.6 131.0 3 114.0 303.0 3 16.5 75.5 10.0 6.0 74.6 402.0 151.0 1622.5 3
1994 2 01 448.4 154.1 255.0 242.4 47.0 54.5 20.0 14.0 94.0 264.0 257.7 51.0 1902.1
1995 2 01 14.0 36.0 320.5 335.1 100.0 65.0 61.0 16.0 18.0 114.0 414.0 225.5 1719.1
1996 2 01 223.5 95.0 479.5 280.0 78.0 46.5 35.0 27.0 12.0 302.0 176.0 210.0 1964.5
1997 2 01 333.0 112.0 192.0 129.0 44.0 95.0 37.0 2.0 99.0 41.0 214.5 135.0 1433.5
1998 2 01 88.0 39.0 234.0 104.0 135.0 33.0 79.0 22.0 41.0 281.0 284.7 218.0 1558.7
1999 2 01 258.0 419.0 76.0 67.0 82.0 45.0 33.0 10.0 291.0 334.0 285.0 295.0 2195.0
2000 2 01 317.0 290.1 213.0 83.0 111.0 27.0 50.0 37.0 198.0 112.5 84.0 54.0 1576.6
2001 2 01 75.0 127.4 123.0 43.5 121.0 .0 29.0 2.0 13.5 250.8 255.2 8 163.5 8 1203.9
2002 2 01 51.0 180.3 69.9 311.1 280.6 112.2 28.4 40.4 49.7 116.0 189.5 68.0 1497.1
2003 1 01 49.3 211.0 323.7 305.2 46.7 104.6 27.6 5.9 81.2 352.8 291.3 166.4 1965.7
2004 1 01 182.4 139.9 63.2 203.7 39.5 23.3 49.0 2.2 34.3 350.6 375.3 166.2 1629.6
2005 1 01 40.0 178.1 213.1 283.3 68.6 24.9 22.9 8.2 113.3 310.7 237.5 295.1 1795.7
2006 1 01 419.7 92.2 243.1 403.1 12.2 67.2 40.6 14.4 19.6 268.5 245.9 242.5 2069.0
2007 1 01 81.0 86.0 154.3 236.4 69.2 57.6 72.0 15.6 15.5 346.0 153.9 443.3 1730.8
2008 1 01 51.1 165.6 413.5 332.3 238.1 24.7 51.7 26.4 42.9 234.4 589.5 208.3 2378.5
2009 1 01 205.1 302.5 442.0 171.3 169.3 60.0 14.8 21.0 194.6 158.0 53.0 1791.6 3
2010 1 01 .0 131.0 30.0 217.0 378.0 3
*****
MEDIOS 154.9 156.0 211.4 199.5 115.1 46.8 42.7 16.1 68.3 209.4 267.6 188.0 1675.6
MAXIMOS 448.4 419.0 479.5 403.1 303.0 112.2 79.0 40.4 291.0 352.8 589.5 443.3 589.5
MINIMOS 0.0 24.0 30.0 43.0 12.2 0.0 10.0 2.0 6.0 15.0 84.0 51.0 0.0
*****

```

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE VELOCIDAD DEL VIENTO (m/s)

FECHA DE PROCESO : 2009/03/17

ESTACION : 2111502 APTO BENITO SALA

LATITUD 0258 N TIPO EST SS DEPTO HUILA FECHA-INSTALACION 1930-ENE
 LONGITUD 7518 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO NEIVA FECHA-SUSPENSION
 ELEVACION 0439 m.s.n.m REGIONAL 04 HUILA-CAQUET CORRIENTE LAS CEIBAS

 A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *

1990	1	01	1.0	1.4	2.2	1.7	2.5	2.8	3.5	3.4	2.4	1.3	1.1	1.1	2.0	3
1991	1	01	1.1	1.5	.9	1.4	1.1	1.7	3.4	4.0	2.7	2.1	1.1	.8	1.8	3
1992	1	01	.9	1.1	2.1	1.7	1.8	3.0	4.0	3.6	2.2	1.6	.9	.9	2.0	3
1993	1	01	1.1	1.0	1.3	1.1	1.4	2.7	2.7	3.1	2.2	1.4	1.0	.6	1.6	3
1994	1	01	.6	.9	1.2	1.5	1.3	2.5	3.7	3.8	3.2	1.4	1.1	1.0	1.9	
1995	1	01	1.7	1.2	1.2	1.4	1.5	2.0	2.2	2.7	2.8	1.7	1.2	.9	1.7	
1996	1	01	.8	1.5	1.1	1.7	1.6	3.3	2.9	3.0	2.3	.9	.6	*	1.8	
1997	1	01			.7	.7	1.3	.6	2.4	2.3	1.2	1.0	.9	.7	1.2	
1998	1	01	.7	1.0	.7	.5	1.2	1.6	1.5	1.3	1.0	.9	.6	.6	1.0	
1999	1	01	.5	.7	.7		1.5	1.3	2.3	2.7	1.3	1.2	.9	.8	1.3	3
2000	1	01			.8	1.1	1.3	1.2	1.8	2.0	1.1	1.3	1.0	.6	1.2	3
2001	1	01	.6	1.6	1.2	1.7	1.6	2.6	2.1	3.2	1.3	1.1	.7	.6	1.5	
2002	1	01	1.0	.9	1.2	1.2	1.5	2.2	2.5	2.9	2.0	1.9	1.2	1.0	1.6	
2003	1	01	1.3	1.5	1.4	1.6	2.4	1.8	3.1	3.2	2.3	1.6	1.0	1.0	1.9	
2004	1	01	1.0	.8	1.1	1.1	1.2	2.1	2.3	3.9	2.6	1.7	1.2	1.2	1.7	
2005	1	01	1.5	1.3	1.6	1.9	1.6	2.1	3.1	3.2	2.7	1.3	1.1	1.0	1.9	
2006	1	01	1.1	1.1	1.0	1.3	2.0	1.9	3.0	2.7	1.8	1.2	.7	.6	1.5	
2007	1	01	.6	1.0	.8	.8	.9	1.5	1.6	1.8	1.7	.8	.5	.4	1.0	
2008	1	01	.4	.9	.7	.7	.5	.7	1.0	.8	.7	.3	.2	.2	.6	
2009	1	01	.2	.3											.3	

MEDIOS 0.9 1.1 1.2 1.3 1.5 2.0 2.6 2.8 2.0 1.3 0.9 0.8 1.5
 MAXIMOS 1.7 1.6 2.2 1.9 2.5 3.3 4.0 4.0 3.2 2.1 1.2 1.2 4.0
 MINIMOS 0.2 0.3 0.7 0.5 0.5 0.6 1.0 0.8 0.7 0.3 0.2 0.2 .2

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)

FECHA DE PROCESO : 2009/03/17

ESTACION : 2111502 APTO BENITO SALA

LATITUD 0258 N TIPO EST SS DEPTO HUILA FECHA-INSTALACION 1930-ENE
LONGITUD 7518 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO NEIVA FECHA-SUSPENSION
ELEVACION 0439 m.s.n.m REGIONAL 04 HUILA-CAQUET CORRIENTE LAS CEIBAS

```

*****
A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *
*****
1990 2 01 27.7 26.9 27.8 27.1 27.6 28.3 28.2 29.3 29.9 27.2 27.0 26.7 27.8
1991 2 01 27.9 28.0 27.6 27.5 27.5 28.2 27.9 27.9 29.3 28.8 26.6 26.8 27.8
1992 2 01 28.0 3 28.5 29.1 28.1 28.7 29.6 28.4 29.6 29.3 29.0 26.9 26.8 28.5 3
1993 2 01 27.4 27.5 3 26.3 27.2 27.0 28.1 27.7 29.1 28.9 27.8 26.3 26.9 27.5 3
1994 2 01 26.7 27.1 26.4 26.9 27.0 27.6 28.0 28.5 29.0 27.1 26.4 27.3 27.3
1995 2 01 29.0 28.8 27.3 27.2 27.3 27.9 28.0 28.4 29.7 27.7 26.7 26.4 27.9
1996 2 01 26.8 26.3 26.8 27.5 27.2 27.3 27.4 28.5 29.3 27.1 27.1 26.8 27.3
1997 2 01 26.5 27.9 28.4 27.4 28.0 27.8 28.4 29.6 30.1 29.7 28.3 28.8 28.4
1998 1 01 30.2 3 30.8 28.8 28.3 28.2 28.5 28.1 28.9 29.3 29.0 26.7 26.7 28.6 3
1999 1 01 26.9 26.3 27.4 27.0 26.9 27.1 28.0 28.9 27.4 26.5 26.6 27.1
2000 1 01 27.2 26.6 26.4 26.2 26.5 27.4 28.2 28.6 27.8 28.0 27.1 27.0 27.3
2001 1 01 27.7 28.9 27.6 28.2 27.8 27.9 28.4 29.4 29.0 3 29.8 27.1 27.0 28.2 3
2002 1 01 28.7 3 28.6 28.4 27.2 27.4 27.0 28.2 29.2 29.5 29.1 27.7 28.1 28.3 3
2003 1 01 29.1 29.2 28.1 27.2 28.4 28.0 28.7 29.9 29.2 28.1 26.8 3 27.3 28.3 3
2004 1 01 28.1 3 28.5 29.2 27.3 27.6 28.4 28.1 29.4 29.2 27.7 26.8 27.1 28.1 3
2005 1 01 27.8 28.2 27.9 28.0 27.3 28.6 28.7 29.5 3 29.3 27.2 27.0 26.6 28.0 3
2006 1 01 27.1 28.1 26.9 26.8 28.3 27.7 28.4 29.4 29.6 28.4 26.5 26.9 27.8
2007 1 01 28.8 29.3 28.0 26.9 27.1 26.8 28.8 28.2 29.5 27.0 26.6 26.4 27.8
2008 1 01 27.0 27.4 26.6 26.4 26.5 27.0 27.7 27.8 27.7 26.8 26.0 26.7 27.0
2009 1 01 27.0 27.3
MEDIOS 27.8 28.0 27.6 27.3 27.5 27.9 28.2 29.0 29.1 28.0 26.8 27.0 27.8
MAXIMOS 30.2 30.8 29.2 28.3 28.7 29.6 28.8 29.9 30.1 29.8 28.3 28.8 30.8
MINIMOS 26.5 26.3 26.3 26.2 26.5 26.8 27.4 27.8 27.4 26.5 26.0 26.4 26.0
*****

```

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MAXIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)

FECHA DE PROCESO : 2011/01/13

ESTACION : 21115020 APTO BENITO SALAS

LATITUD	0256 N	TIPO EST	SS	DEPTO	HUILA	FECHA-INSTALACION	1930-ENE
LONGITUD	7517 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	NEIVA	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0439 m.s.n.m	REGIONAL	04 HUILA-CAQUET	CORRIENTE	LAS CEIBAS		

```
*****
A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *
*****
```

1990	2	01	35.5	36.0	36.7	35.5	35.4	36.4	36.2	3	37.0	38.3	3	36.8	35.0	34.7	38.3	3
1991	2	01	35.6	36.9	36.3	35.6	35.4	36.4	36.0	36.9	37.2	37.0	36.3	34.2	34.2	37.2		
1992	2	01	35.4	35.4	37.4	37.0	37.2	36.6	36.1	37.3	38.0	36.4	36.4	34.8	38.0			
1993	2	01	35.9	34.2	34.5	35.8	34.6	36.5	35.8	38.4	37.9	37.1	34.0	3	33.7	3	38.4	3
1994	2	01	33.7	3	35.4	35.0	35.6	35.3	35.6	37.2	36.7	38.0	35.8	34.0	35.2	38.0	3	
1995	2	01	36.6	37.0	36.6	3	36.2	35.5	35.7	36.5	37.2	38.0	38.9	34.0	34.1	38.9	3	
1996	2	01	34.8	33.8	34.2	35.0	36.0	35.1	36.5	36.7	38.1	35.8	35.4	35.1	38.1			
1997	2	01	33.6	36.8	37.2	36.8	36.0	36.4	36.8	38.0	38.6	38.6	36.6	36.4	38.6			
1998	1	01	38.2	39.6	36.8	35.7	36.6	37.4	3	36.4	38.0	38.0	37.8	34.0	32.5	39.6	3	
1999	1	01	34.7	34.4	34.6	34.6	34.7	35.3	36.0	3	37.8	36.6	34.1	34.4	34.0	37.8	3	
2000	1	01	35.0	33.8	35.1	34.6	34.4	35.5	36.6	38.0	36.3	35.8	33.7	35.2	38.0			
2001	1	01	35.3	38.1	37.3	35.8	35.9	36.5	37.7	39.0	37.1	38.7	36.0	34.4	39.0			
2002	1	01	36.4	38.0	37.3	35.1	35.1	35.2	35.6	37.3	37.8	38.0	35.6	37.3	38.0			
2003	1	01	37.7	37.6	37.3	35.0	36.1	36.3	37.2	38.7	37.3	37.4	34.1	34.6	38.7			
2004	1	01	35.2	37.5	38.2	36.2	36.2	37.3	36.9	38.1	37.9	37.7	34.5	34.2	38.2			
2005	1	01	35.0	35.1	35.7	37.5	35.2	37.0	37.6	37.6	37.5	36.2	34.3	32.9	37.6			
2006	1	01	35.7	35.0	36.5	34.5	36.8	36.0	35.9	37.5	38.1	39.2	33.7	35.1	39.2			
2007	1	01	37.3	37.0	37.3	35.0	36.3	34.1	36.7	37.4	38.1	38.7	34.5	34.4	38.7			
2008	1	01	34.4	36.5	34.7	34.2	35.3	34.9	35.5	36.5	36.5	35.2	33.8	33.3	36.5			
2009	1	01	35.2	34.7	33.8	34.2	35.2	36.2	37.0	37.3	38.6	39.5	35.6	36.6	39.5			
MEDIOS			35.6	36.1	36.1	35.5	35.7	36.0	36.5	37.6	37.7	37.2	34.8	34.6	36.1			
MAXIMOS			38.2	39.6	38.2	37.5	37.2	37.4	37.7	39.0	38.6	39.5	36.6	37.3	39.6			
MINIMOS			33.6	33.8	33.8	34.2	34.4	34.1	35.5	36.5	36.3	34.1	33.7	32.5	32.5			

```
*****
```

I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION
NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MINIMOS MENSUALES DE TEMPERATURA (oC)

FECHA DE PROCESO : 2011/01/13

ESTACION : 21115020 APTO BENITO SALAS

LATITUD	0256 N	TIPO EST	SS	DEPTO	HUILA	FECHA-INSTALACION	1930-ENE
LONGITUD	7517 W	ENTIDAD	01 IDEAM	MUNICIPIO	NEIVA	FECHA-SUSPENSION	
ELEVACION	0439 m.s.n.m	REGIONAL	04 HUILA-CAQUET	CORRIENTE	LAS CEIBAS		

```

*****
A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *
*****
1990 2 01 19.7 20.0 19.6 19.4 21.0 21.2 19.7 20.2 21.0 19.6 20.3 20.2 19.4
1991 2 01 20.1 19.8 20.7 20.8 21.1 20.0 20.0 20.0 20.2 3 20.2 3 20.0 20.8 19.8 3
1992 2 01 20.4 21.0 21.0 20.8 22.0 21.6 19.6 21.0 19.8 20.0 20.0 20.6 19.6
1993 2 01 20.2 19.8 20.4 20.8 20.4 20.0 19.0 20.4 17.6 20.4 20.0 20.4 17.6
1994 2 01 20.4 20.1 20.6 3 20.0 3 20.8 18.0 3 20.0 19.2 20.8 19.7 20.4 21.0 18.0 3
1995 2 01 19.6 3 20.4 3 20.2 20.8 20.5 20.0 19.6 20.1 21.0 19.8 19.8 20.3 19.6 3
1996 2 01 20.0 20.0 20.3 20.4 20.3 20.2 19.0 19.4 20.2 20.2 20.2 19.0 19.0
1997 2 01 19.0 19.0 19.2 19.2 20.8 20.8 20.6 20.8 20.4 20.6 20.4 21.3 19.0
1998 1 01 20.8 21.4 21.4 22.0 21.2 20.9 3 20.4 20.8 3 20.0 21.5 20.8 20.0 20.0 3
1999 1 01 20.2 19.6 20.0 21.0 19.8 18.0 19.2 20.5 20.2 19.8 21.0 20.8 18.0
2000 1 01 20.0 19.4 20.0 20.6 20.6 21.2 20.0 20.8 20.5 21.0 20.9 20.2 19.4
2001 1 01 20.0 20.2 20.6 20.6 20.4 20.8 20.4 20.6 20.5 21.6 18.6 21.0 18.6
2002 1 01 20.9 21.4 20.4 20.4 20.3 20.4 21.0 21.2 21.1 21.2 20.0 20.2 20.0
2003 1 01 19.8 21.8 20.2 21.0 21.5 20.4 20.2 20.4 19.6 20.1 20.5 19.7 19.6
2004 1 01 20.3 20.2 21.2 21.0 20.0 20.3 19.3 22.0 20.2 20.7 20.6 21.1 19.3
2005 1 01 20.8 22.0 21.7 21.3 21.1 21.3 20.5 20.8 20.6 20.3 19.8 20.0 19.8
2006 1 01 20.0 3 20.8 21.6 21.4 21.3 20.3 20.6 21.6 21.5 20.8 20.9 20.0 3
2007 1 01 20.3 19.9 21.0 20.0 20.4 20.0 20.8 20.6 21.6 20.4 20.5 20.2 19.9
2008 1 01 20.6 20.8 20.1 19.9 20.0 21.0 19.6 21.0 20.4 20.6 21.3 21.5 19.6
2009 1 01 20.9 21.2 20.7 20.8 20.8 21.0 20.4 20.6 21.2 20.5 20.9 20.8 20.4

MEDIOS 20.2 20.4 20.5 20.6 20.7 20.4 20.0 20.6 20.4 20.5 20.3 20.5 20.4
MAXIMOS 20.9 22.0 21.7 22.0 22.0 21.6 21.0 22.0 21.6 21.6 21.3 21.5 22.0
MINIMOS 19.0 19.0 19.2 19.2 19.8 18.0 19.0 19.2 17.6 19.6 18.6 19.0 17.6
*****
    
```


I D E A M - INSTITUTO DE HIDROLOGIA, METEOROLOGIA Y ESTUDIOS AMBIENTALES

SISTEMA DE INFORMACION NACIONAL AMBIENTAL

VALORES MEDIOS MENSUALES DE HUMEDAD RELATIVA (%)

FECHA DE PROCESO : 2009/03/17

ESTACION : 2111502 APTO BENITO SALA

LATITUD 0258 N TIPO EST SS DEPTO HUILA FECHA-INSTALACION 1930-ENE
 LONGITUD 7518 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO NEIVA FECHA-SUSPENSION
 ELEVACION 0439 m.s.n.m REGIONAL 04 HUILA-CAQUET CORRIENTE LAS CEIBAS

```

*****
A#O EST ENT ENERO * FEBRE * MARZO * ABRIL * MAYO * JUNIO * JULIO * AGOST * SEPTI * OCTUB * NOVIE * DICIE * VR ANUAL *
*****
1990 2 01 68 1 74 1 67 1 72 67 59 55 53 51 1 71 76 1 76 1 66
1991 2 01 71 69 73 1 73 73 1 68 62 59 1 60 62 1 77 1 77 69
1992 2 01 69 3 68 64 1 70 66 1 57 56 55 60 60 1 74 77 1 64 3
1993 2 01 72 1 75 3 78 76 1 75 66 1 67 1 57 1 62 1 68 1 80 79 1 71 3
1994 2 01 75 1 73 1 78 75 1 76 1 68 1 59 1 50 1 52 1 70 1 77 1 73 1 69
1995 1 01 61 62 74 73 1 71 1 66 1 63 59 53 69 77 1 77 67
1996 1 01 74 76 1 76 1 72 1 72 66 1 60 1 56 55 1 71 72 1 72 69
1997 1 01 75 1 68 1 64 1 70 64 1 65 1 53 1 48 1 51 58 66 65 1 62
1998 1 01 60 3 58 1 70 76 71 63 61 1 58 59 1 63 77 1 77 1 66 3
1999 1 01 75 1 76 1 72 73 1 71 1 70 59 1 54 1 66 1 73 1 77 1 76 1 70
2000 1 01 71 1 74 1 77 1 76 1 75 1 67 57 57 64 1 63 1 71 1 72 1 69
2001 1 01 66 61 72 67 1 72 63 1 61 1 51 59 3 59 1 75 1 78 1 65 3
2002 1 01 65 3 70 1 71 75 1 74 1 71 1 65 1 60 1 58 1 61 1 70 1 71 1 68 3
2003 1 01 65 1 66 1 70 1 74 1 68 66 1 57 1 52 1 57 1 67 1 77 73 1 66
2004 1 01 69 3 66 1 65 1 73 1 71 1 61 1 62 1 54 1 58 1 68 1 76 75 1 67 3
2005 1 01 69 1 71 1 72 1 70 1 75 1 65 1 58 1 55 3 58 1 71 1 75 1 77 1 68 3
2006 1 01 75 1 71 1 77 1 77 1 64 1 64 55 1 51 1 53 1 65 1 77 1 76 1 67
2007 1 01 65 1 59 1 68 1 75 1 74 1 69 1 57 1 59 1 53 1 72 1 76 1 77 1 67
2008 1 01 72 1 69 1 75 1 75 1 73 1 68 1 61 1 63 1 63 72 1 80 1 75 1 71
2009 1 01 74 1 72 1
MEDIOS 70 69 72 73 71 65 59 55 57 66 75 75 67
MAXIMOS 75 76 78 77 76 71 67 63 66 73 80 79 80
MINIMOS 60 58 64 67 64 57 53 48 51 58 66 65 48
*****
    
```

VALORES TOTALES MENSUALES DE BRILLO SOLAR (Horas)

FECHA DE PROCESO : 2009/03/17

ESTACION : 2111502 APTO BENITO SALA

LATITUD 0258 N TIPO EST SS DEPTO HUILA FECHA-INSTALACION 1930-ENE
 LONGITUD 7518 W ENTIDAD 01 IDEAM MUNICIPIO NEIVA FECHA-SUSPENSION
 ELEVACION 0439 m.s.n.m REGIONAL 04 HUILA-CAQUET CORRIENTE LAS CEIBAS

A#O	EST	ENT	ENERO *	FEBRE *	MARZO *	ABRIL *	MAYO *	JUNIO *	JULIO *	AGOST *	SEPTI *	OCTUB *	NOVIE *	DICIE *	VR ANUAL *
1990	2	01	187.9	110.9	153.1	137.3	163.2	172.7	185.6	171.6	191.4	156.4	163.0	181.8	1974.9
1991	2	01	219.1	150.3	166.2	161.0	158.9	168.4	132.5	127.6	145.6	187.0	150.2	168.7	1935.5
1992	2	01	203.9	143.6	143.2	149.4	173.1	181.2	141.7	174.2	114.8 3	178.7	157.4	182.4	1943.6 3
1993	2	01	181.5	163.8	130.9	152.4	166.8	145.5	207.9	192.1	161.6	146.5	151.1	190.8	1990.9
1994	2	01	186.1	147.6	135.7	156.1	156.7	174.5	176.6	158.8	144.3	180.8	171.9	197.9	1987.0
1995	2	01	216.4	175.7	121.3	146.6	153.0	165.0	184.8	184.8 3	171.8	175.0	189.9	184.6	2068.9 3
1996	2	01	186.3	138.2	152.5	173.2	171.6	157.7	147.8	170.1	157.8	175.8	176.5	174.6	1982.1
1997	2	01	169.6	182.6	156.7	158.5	137.5	168.8	147.7	173.7	148.1	187.6	148.7	229.9	2009.4
1998	1	01	226.5	149.4	132.4	152.5	129.2	176.9	153.5	171.1	167.7	187.1	162.5	172.7	1981.5
1999	1	01	167.3	145.4	166.5	124.2	164.3	171.0	185.3	186.5	126.2	190.6	167.6	213.7	2008.6
2000	1	01	204.3	187.3	150.6	143.7	154.4	197.2	179.6	209.1	151.7	152.8	158.7	164.5	2053.9
2001	1	01	232.0	171.0	163.1	176.9	161.5	153.6	175.6	163.1	160.6	202.0	164.6	165.9	2089.9
2002	1	01	219.9	170.8	173.3	160.7	132.1	171.0	168.2	168.1	182.5	176.1	179.9	212.9	2115.5
2003	1	01	217.3	144.6	148.1	135.1	171.0	159.7	164.6	180.6	149.9	172.6	186.3	183.6	2013.4
2004	1	01	218.1	196.5	185.3	154.6	154.7	182.3	183.1	174.7	155.9	168.2	171.1	173.0	2117.5
2005	1	01	184.9	158.3	154.4	144.9	146.4	143.6	168.8	148.4	159.7	157.3	173.4	197.8	1937.9
2006	1	01	184.1	172.9	130.0	138.7	166.0	149.8	159.8	170.0	169.7	141.2	166.1	179.3	1927.6
2007	1	01	235.2	196.5	130.3	133.2	138.8	114.0	213.0	137.0	146.1	147.9	169.6	162.1	1923.7
2008	1	01	182.6	165.8	145.5	144.9	140.5	137.9	156.1	190.2	131.7	150.1	120.0	174.9	1840.2
2009	1	01	182.0	178.7											360.7 3
MEDIOS			200.3	162.5	149.4	149.7	154.7	162.7	170.1	171.1	154.6	170.2	164.7	184.8	1994.7
MAXIMOS			235.2	196.5	185.3	176.9	173.1	197.2	213.0	209.1	191.4	202.0	189.9	229.9	235.2
MINIMOS			167.3	110.9	121.3	124.2	129.2	114.0	132.5	127.6	114.8	141.2	120.0	162.1	110.9

** C O N V E N C I O N E S **

EST = ESTADO DE LA INFORMACION

** AUSENCIAS DE DATO **

** ORIGENES DE DATO **

- 1 : Preliminares Ideam
- 2 : Definitivos Ideam
- 3 : Preliminares Otra Entidad
- 4 : Definitivos Otra Entidad

- 1 : Ausencia del observ
- 2 : Desperfecto instru.
- 3 : Ausencia instrument
- 4 : Dato rechazado
- 6 : Nivel superior
- 7 : Nivel inferior
- 8 : Curva de gastos
- 9 : Seccion inestable
- A : Instr. sedimentado
- M : Máximo no extrapol.
- * : Datos insuficient

- 1 : Registrados
- 3 : Incompletos
- 4 : Dudosos
- 6 : Est. Regresion
- 7 : Est. Interpolacion
- 8 : Est. Otros metodos
- 9 : Generados (Series)

ANEXO 2 FORMATO DE AFOROS REALIZADOS

AFORO DE CAUDALES CON MICROMOLINETE																	
MUNICIPIO: Rivera FUENTE: Quebrada El Albadan LUGAR: Canal Charco Hondo OBSERVACIONES: 10 m. aguas abajo de captación, coordenadas 867820E - 797517N				Rotor (Helice No.): 3 Ecuc Calibración: $0.255 * N + 0.013$ Veloc. Media (m/s) 0.19 Ancho total (m) 0.09 Profundidad media (m) 0.07 Fecha de realización 27/ago/2010				<table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <th colspan="2">CAUDAL TOTAL</th> </tr> <tr> <th>m³/s</th> <th>LPS</th> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">0.018</td> <td style="text-align: center;">18.1</td> </tr> </table>				CAUDAL TOTAL		m ³ /s	LPS	0.018	18.1
CAUDAL TOTAL																	
m ³ /s	LPS																
0.018	18.1																
Pr	Pt	N	T	N/T	Vp (m/s)	VMV	Vm (m/s)	PM (m)	Ap (m)	Sp (m2)	Caudal						
0.00	0.000	0	30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000						
0.10	0.035	0	30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.100	0.002	0.000						
0.20	0.073	21	30	0.700	0.192	0.192	0.096	0.054	0.100	0.005	0.001						
0.30	0.103	28	30	0.933	0.251	0.251	0.221	0.088	0.100	0.009	0.002						
0.40	0.120	19	30	0.633	0.175	0.175	0.213	0.112	0.100	0.011	0.002						
0.50	0.125	23	30	0.767	0.209	0.209	0.192	0.123	0.100	0.012	0.002						
0.60	0.103	58	30	1.933	0.506	0.506	0.357	0.114	0.100	0.011	0.004						
0.70	0.100	45	30	1.500	0.396	0.396	0.451	0.102	0.100	0.010	0.005						
0.80	0.055	12	30	0.400	0.115	0.115	0.255	0.078	0.100	0.008	0.002						
0.90	0.000	10	30	0.333	0.098	0.098	0.142	0.028	0.100	0.003	0.000						
				Medios	0.194	0.194	0.193	0.071	0.090	0.007	0.002						
Pr : punto fijo de referencia		N : Número de revoluciones		Vp : Velocidad Puntual		PM : profundidad media											
Pt : profundidad total		T : Tiempo de aforo		VMV : Velocidad media en la vertical		Ap : ancho Parcial											
		N/T : Revoluciones por minuto		VM : Velocidad media		Sp : Sección parcial											

ANEXO 3 FORMATO PRUEBAS DE INFILTRACION

UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA AGRICOLA

TABLA 1. REGISTROS DE DATOS DE LA PRUEBA DE INFILTRACION

Finca: San José
 Textura al tacto:
 Fecha: 06-12-2010
 Observador:

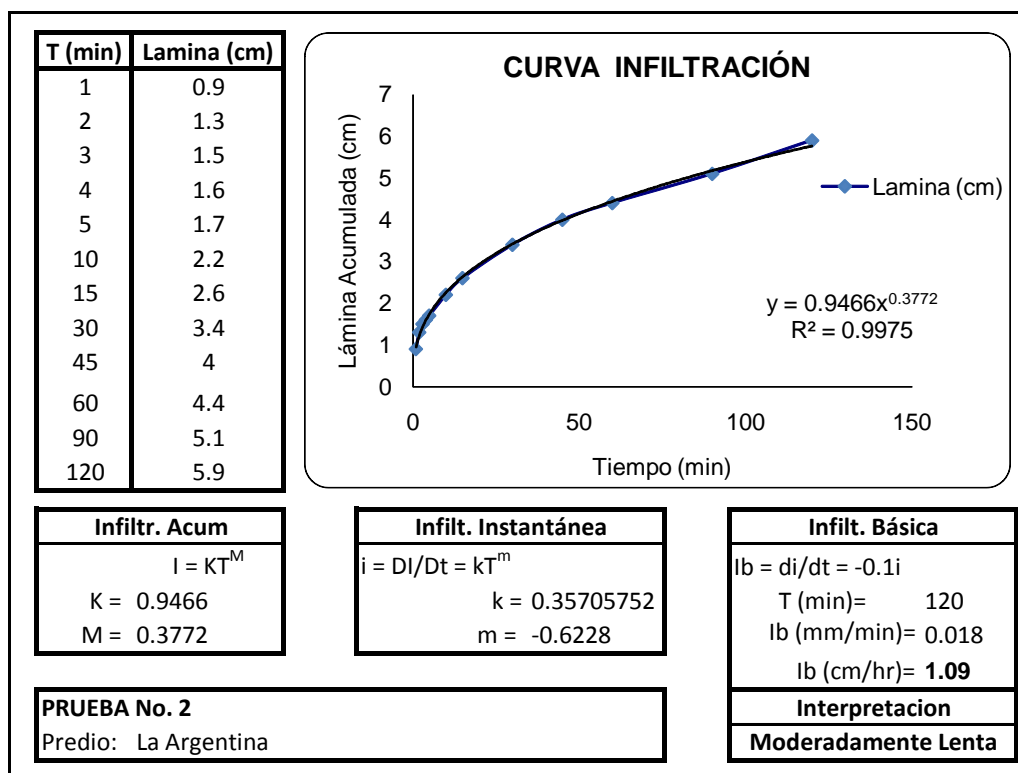
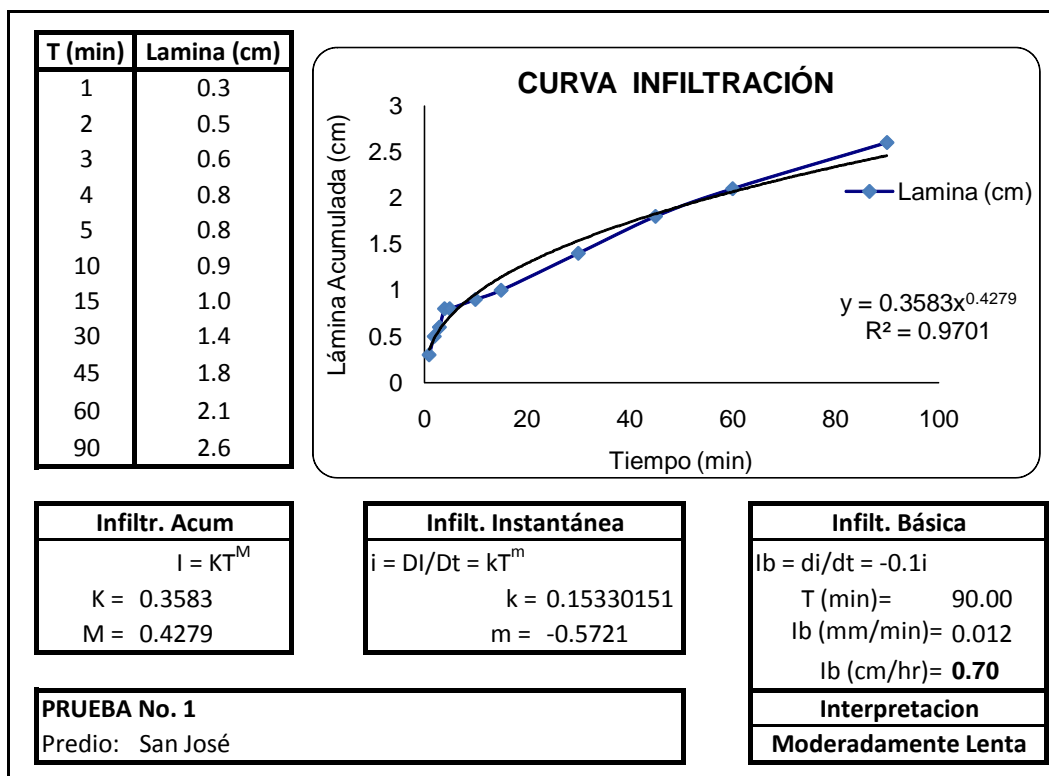
Lote:
 Humedad del suelo:
 Prueba No.: 1

E. 866671
N. 797421

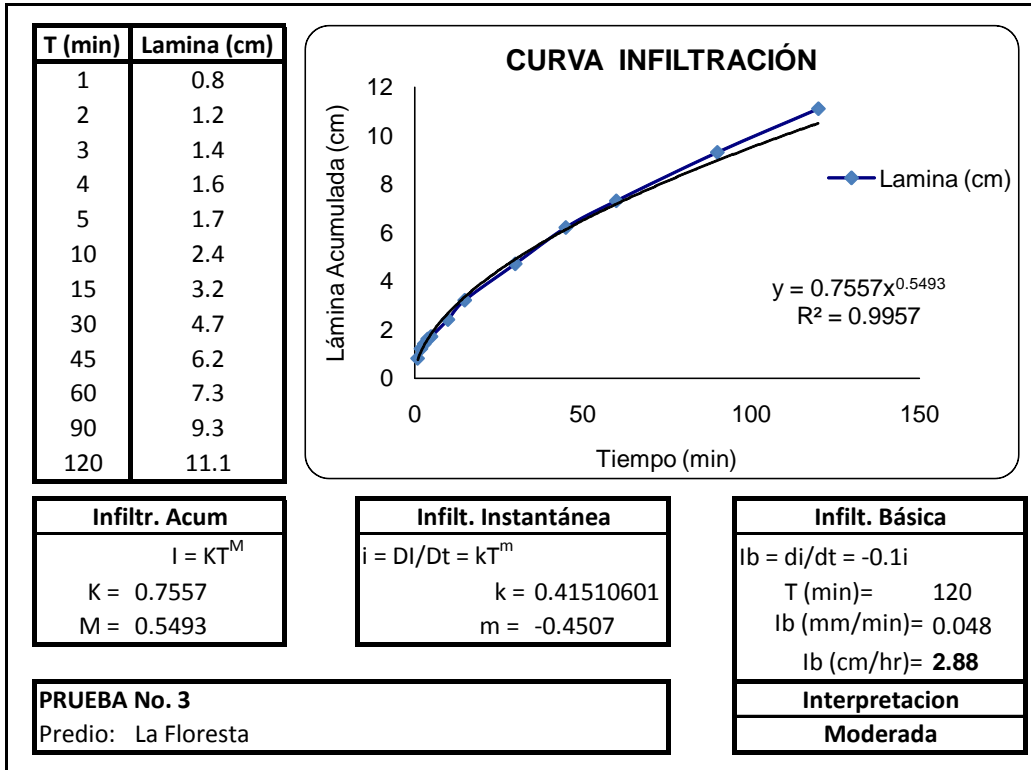
Hora	Tiempo	Lectura	Lectura Ajustada	Incremento lectura	Infiltración acumulada
Reloj	(min)	(cm)	(cm)	(cm)	(cm)
3.55.	0	9.8			
	1	9.5			
	2	9.3			
	3	9.2			
	4	9.0			
	5	9.0			
	10	8.9			
	15	8.8			
	30	8.4			
	45	8.0	9.8	1.8	
	60	9.5			
	90	9.0			
	120				
	150				
	180				
	210				
	240				
	270				
	300				

Observaciones:

ANEXO 4 CURVAS DE INFILTRACION



Continuación **ANEXO 4** CURVAS DE INFILTRACION



ANEXO 5 RESULTADOS LABORATORIO – ANALISIS FISICO DE SUELOS



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NIT. 891.180.084-2
LABORATORIO DE SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA

PRUEBAS FÍSICAS DE SUELOS

Solicitante: Oscar Javier Moncayo

Finca: San José

Municipio: Rivera

Fecha: Diciembre 07 de 2010

Departamento: Huila

Horizonte Prof. (cm)	Humedad (%)	
	CC _{0,03} MPa	PMP _{1,5} MPa
H ₁ (0 – 20)	19.93	7.90

Método de laboratorio utilizado:

Retención de Humedad: Platos de Richards.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio de Suelos – LABSUS
Universidad Surcolombiana

Avenida Pastrana Borrero – Carrera 1a A.A. 385 y 974 – PBX 8754753 – Fax 8758775

www.usco.edu.co
NEIVA HUILA

Continuación **ANEXO 5** RESULTADOS LABORATORIO – ANALISIS FISICO DE SUELOS



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA

NIT. 891.180.084-2

LABORATORIO DE SUELOS

FACULTAD DE INGENIERIA

PRUEBAS FÍSICAS DE SUELOS

Solicitante: Oscar Javier Moncayo

Finca: La Argentina

Municipio: Rivera

Fecha: Diciembre 07 de 2010

Departamento: Huila

Horizonte Prof. (cm)	Humedad (%)	
	CC _{0,03 MPa}	PMP _{1,5 MPa}
H ₁ (0 – 30)	19.72	7.49

Método de laboratorio utilizado:

Retención de Humedad: Platos de Richards.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio de Suelos – LABSUS
Universidad Surcolombiana

Avenida Pastrana Borrero – Carrera 1a A.A. 385 y 974 – PBX 8754753 – Fax 8758775

www.usco.edu.co

NEIVA HUILA

Continuación **ANEXO 5** RESULTADOS LABORATORIO – ANALISIS FISICO DE SUELOS



UNIVERSIDAD SURCOLOMBIANA
NIT. 891.180.084-2
LABORATORIO DE SUELOS
FACULTAD DE INGENIERIA

PRUEBAS FÍSICAS DE SUELOS

Solicitante: Oscar Javier Moncayo

Finca: Albadan

Municipio: Rivera

Fecha: Diciembre 07 de 2010

Departamento: Huila

Horizonte Prof. (cm)	Humedad (%)	
	CC _{0.03} MPa	PMP _{1.5} MPa
H ₁ (0 – 30)	15.73	5.57

Método de laboratorio utilizado:

Retención de Humedad: Platos de Richards.

ARMANDO TORRENTE TRUJILLO
Coordinador Laboratorio de Suelos – LABSUS
Universidad Surcolombiana

Avenida Pastrana Borrero – Carrera 1a A.A. 385 y 974 – PBX 8754753 – Fax 8758775

www.usco.edu.co

NEIVA HUILA

ANEXO 6 ECUACIONES Y VARIABLES PARA EL BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

NOMBRE	ECUACION	VARIABLE
Probabilidad de ocurrencia (P)	$P = \frac{m}{(n + 1)} * 100$	m Número de orden n Número de años de registro
Evapotranspiración de cultivo (ETc) (mm/día)	$ETc = Kc * ETo$	Kc Coeficiente de cultivo ETo Evapotranspiración de referencia (mm/día)
Evapotranspiración de referencia (ETo) (mm/día)	$ETo = \frac{0,408 \Delta (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$	R _n radiación neta en la superficie del cultivo (MJ m ⁻² día ⁻¹) R _a radiación extraterrestre (mm día ⁻¹) G flujo del calor de suelo (MJ m ⁻² día ⁻¹) T temperatura media del aire a 2 m de altura (°C) u ₂ velocidad del viento a 2 m de altura (m s ⁻¹) e _s presión de vapor de saturación (kPa) e _a presión real de vapor (kPa) e _s -e _a déficit de presión de vapor (kPa) Δ pendiente de la curva de presión de vapor (kPa °C ⁻¹) γ constante psicrométrica (kPa °C ⁻¹)
Precipitación Efectiva (Pe) (mm)	$Pe = f(D) * (1.25249 * P^{0.82416} - 2.9362) * (10^{0.000955 * ETc})$	f(D) Función correctora para un déficit de humedad en el suelo diferente de 75 mm (para D igual a 75 mm, f(D) es 1) ETc Evapotranspiración del cultivo
Lámina de agua aprovechable (L) (cm)	$L = \frac{(CC - PMP) * Da * Prof}{100}$	CC Contenido de humedad a capacidad de campo (%) PMP Contenido de humedad a punto de marchitez permanente (%) Da Densidad aparente del suelo (g/cm ³) Prof Profundidad del suelo (cm)
Lamina neta de riego a reponer (Ln) (mm)	$Ln = LAA * \frac{UR(\%)}{100}$	Ln Lamina neta de riego a reponer (mm) LAA Lamina de agua aprovechable (mm) UR Umbral de riego (%)
Lámina Bruta (Lb) (mm)	$Lb = \frac{Ln}{Ea}$	Ea Eficiencia de aplicación de riego (%)

Continuación **ANEXO 6** ECUACIONES Y VARIABLES PARA EL BALANCE HÍDRICO AGRÍCOLA

NOMBRE	ECUACION	VARIABLE
Frecuencia de riego (días)	$Fr = \frac{Ln}{ETc}$	Fr Frecuencia de riego (días) Ln Lamina neta de riego (mm) ETc Evapotranspiración del cultivo (mm/día)
Módulo de Riego (L/s-Ha)	$MR = \frac{A * Lb * K}{Fr * Jr}$	A Área (Has) k Factor de conversión a L/s (K=27.78) Fr Frecuencia de riego (días) Jr Jornada de riego (horas)
Lamina de Riego (LR) (mm)	$LR = Uc + LS + LE + Prd$	Uc Requerimiento de agua o evapotranspiración (mm) LS Lamina necesaria para saturar el suelo (mm) LE Lamina de embalse (mm) Prd Perdidas por percolación y escurrimiento (mm)
Perdidas: Percolación y Escurrimiento (P) (mm)	$P = \sum \text{LPFASE DESARROLLO}$ $PV = Ib * T$ $PR = Ib * T$ $PM = Ib * T$	PV Fase Vegetativa PR Fase Reproductiva PM Fase Maduración Ib Infiltración básica (mm/hr) T Tiempo (hr)
Lamina de saturación (LS) (cm)	$LS = \frac{HSat - HPMP}{100} * Da * Pr$	HSat Humedad a saturación (%) HPMP Humedad a punto de marchitez permanente (%) Pr Profundidad radicular (cm) Da Densidad aparente (gr/cm ³)
Evapotranspiración potencial mensual ETP (cm)	$ETP = 1.6Ka \left(10 \frac{Tj}{I}\right)^a$ $I = \sum_{j=1}^{12} \left(\frac{Tj}{5}\right)^{1.514}$ $a = 675 \times 10^{-9} I^3 - 771 \times 10^{-7} I^2 + 179 \times 10^{-4} I + 0.49239$	Tj Temperatura media mensual en el mes j (°C) Ka Constante que depende de la latitud y el mes del año Los coeficientes I (índice de eficiencia de temperatura) y a son constantes de cada estación de observación

ANEXO 7 ECUACIONES, VARIABLES Y TABLAS PARA LA ESTIMACIÓN DE LA OFERTA HÍDRICA

NOMBRE	ECUACION	VARIABLE
Índice de Gravelius o coeficiente de compacidad (Kc)	$Kc = 0.28(P/\sqrt{A})$	P Perímetro de la cuenca en Km A Área de la cuenca en Km ²
Tiempo de concentración (Tc) (horas)	$Tc = 0.3 \left(\frac{L}{J^{0.25}} \right)^{0.76}$	L Longitud del cauce (Km) J Pendiente media del Cauce (m/m)
Caudal medio (Qmed) (m3/s)	$Qmed = 1.295 * 10^{-7} * A^{1.052} * Im^{0.432} * Pma^{1.271} * \%B^{0.095}$	A Área de la cuenca (Km ²) Im Pendiente media de la cuenca (m/Km) Pma Precipitación media anual (mm/año) %B Porcentaje de bosque a partir del mapa de cobertura vegetal (%)
Caudal máximo con periodo de retorno (QT)	$\frac{Q_T}{Q_{2.33}} = 2.973 \left\{ -\ln \left[-\ln \left(1 - \frac{1}{T} \right) \right] \right\} + 8.283$ $Q_{2.33} = 1.33 * A^{0.79}$	T años Q_{2.33} Caudal máximo con periodo de retorno de 2.33 años
Caudal mínimo o de estiaje (Qmin) (m3/s)	$Qmin = 0.0063 * \lambda + \epsilon * Pma * A$	λ Coeficiente que depende de la naturaleza de cuenca aportadora ε Coeficiente de escorrentía anual Pma Precipitación media de la cuenca tributaria (m) A Área de la cuenca (Km ²)
Coeficiente de escorrentía (ε)	$\epsilon = \begin{cases} 1.000 & \text{350} \\ 0.942 & \text{405} \\ 0.884 & \text{400} \\ & \text{Pma} \end{cases}$	Pma Precipitación media anual Las cifras indicativas son los valores medios y extremos entre los que pueden variar los coeficientes expresados.

Tabla 1 Formas de la cuenca de acuerdo al coeficiente de compacidad

CLASE DE FORMA	RANGOS DE CLASE	FORMA DE LA CUENCA
Kc 1	1.00-1.25	Casi redonda a Oval redonda
Kc 2	1.25-1.50	Oval redonda a Oval oblonga
Kc 3	1.50-1.75	Oval oblonga a Rectangular oblonga
Kc 4	>1.75	Rectangular

Fuente: Jiménez E.H. (1992), citado por CAM – FUNDISPROS (2009)

Tabla 2 Determinación de valores de λ para diferentes tipos de suelos

TIPO DE SUELO	VALORES DE λ
Terreno normal por su naturaleza y vegetación	1.0
Ríos regulados por lagos	1.5
Terreno permeable con poca vegetación	0.4
Terreno poco permeable con vegetación	0.8
Terreno impermeable en las partes llanas	1.0 1.5
Terreno impermeable en cerros	0.8 - 0.5
Terreno impermeable en las montañas, decreciendo con la vegetación partes llanas	0.6 – 0.3
Arroyos y barrancos	0.3 – 0

Fuente: Franquet, 2009

ANEXO 8 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Arroz en el área de estudio (Tipo de suelo 1)

Parametro	Unid	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm			123.00	85.00	47.00	16.50		8.20	15.50	112.50	176.00	
Precipitación efectiva (Pe)	mm			85.16	62.30	37.72	12.81		6.19	13.15	84.28	109.66	
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm			127.72	122.70	125.55	132.00		170.19	149.40	137.02	115.20	
Coeficiente del cultivo (Kc)	-			1.05	1.125	1.2	0.95		1.05	1.125	1.2	0.95	
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm			134.11	138.04	150.66	125.40		178.70	168.08	164.42	109.44	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm			48.94	75.74	112.94	112.59		172.51	154.92	80.14	0.00	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día			1.58	2.52	3.64	3.75		5.56	5.16	2.59	0.00	
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm			7.76	7.76	7.76	7.76		7.76	7.76	7.76	7.76	
Lámina neta (LN)	mm			15.51	15.51	15.51	15.51		15.51	15.51	15.51	15.51	
Lámina de saturación (LS)	mm			17.84	17.84	17.84	17.84		17.84	17.84	17.84	17.84	
Lámina de embalse (LE)	mm			100	150	150			100	150	150		
Lámina de riego (LR=LN+LS+LE)	mm			119.42	170.37	171.48	21.59		123.41	173.01	170.43	17.84	
Eficiencia de riego (Ea)	%			60%	60%	60%	60%		60%	60%	60%	60%	
Lámina bruta (LB=LR/Ea*10)	cm			19.90	28.39	28.58	3.60		20.57	28.83	28.40	2.97	
Frecuencia de riego (FR)	día			10.00	10.00	10.00	5.75		10.00	10.00	10.00	0.00	
Jornada de riego (JR)	hr			24	24	24	24		24	24	24	24	
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha			1.38	1.97	1.98	0.43		1.43	2.00	1.97	0.00	

ANEXO 9 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Arroz en el área de estudio (Tipo de suelo 2)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm			123.00	85.00	47.00	16.50		8.20	15.50	112.50	176.00	
Precipitación efectiva (Pe)	mm			81.17	59.38	35.95	12.21		5.90	12.54	80.33	104.53	
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm			127.72	122.70	125.55	132.00		170.19	149.40	137.02	115.20	
Coeficiente del cultivo (Kc)	-			1.05	1.125	1.2	0.95		1.05	1.125	1.2	0.95	
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm			134.11	138.04	150.66	125.40		178.70	168.08	164.42	109.44	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm			52.93	78.66	114.71	113.19		172.80	155.54	84.09	4.91	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día			1.71	2.62	3.70	3.77		5.57	5.18	2.71	0.16	
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm			5.98	5.98	5.98	5.98		5.98	5.98	5.98	5.98	
Lámina neta (LN)	mm			11.96	11.96	11.96	11.96		11.96	11.96	11.96	11.96	
Lámina de saturación (LS)	mm			20.68	20.68	20.68	20.68		20.68	20.68	20.68	20.68	
Lámina de embalse (LE)	mm			100	150	150			100	150	150		
Lámina de riego (LR=LN+LS+LE)	mm			122.39	173.30	174.38	24.46		126.26	175.87	173.40	20.85	
Eficiencia de riego (Ea)	%			60%	60%	60%	60%		60%	60%	60%	60%	
Lámina bruta (LB=LR/Ea*10)	cm			20.40	28.88	29.06	4.08		21.04	29.31	28.90	3.47	
Frecuencia de riego (FR)	día			10.00	10.00	10.00	6.48		10.00	10.00	10.00	10.00	
Jornada de riego (JR)	hr			24	24	24	24		24	24	24	24	
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha			1.42	2.01	2.02	0.44		1.46	2.04	2.01	0.24	

ANEXO 10 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Tabaco en el área de estudio (Tipo de suelo 1)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm			123.00	85.00	47.00	16.50		8.20	15.50	112.50	176.00	
Precipitación efectiva (Pe)	mm			69.96	56.30	36.69	12.63		4.76	11.63	81.78	108.28	
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm			127.72	122.70	125.55	132.00		170.19	149.40	137.02	115.20	
Coefficiente del cultivo (Kc)	-			0.35	0.75	1.1	0.9		0.35	0.75	1.1	0.9	
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm			44.70	92.03	138.11	118.80		59.57	112.05	150.72	103.68	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm			0.00	35.72	101.41	106.17		54.81	100.42	68.94	0.00	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día			0.00	1.19	3.27	3.54		1.77	3.35	2.22	0.00	
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm			7.76	7.76	7.76	7.76		7.76	7.76	7.76	7.76	
Lámina neta (LN)	mm			46.53	46.53	46.53	46.53		46.53	46.53	46.53	46.53	
Eficiencia de riego	%			60%	60%	60%	60%		60%	60%	60%	60%	
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm			7.76	7.76	7.76	7.76		7.76	7.76	7.76	7.76	
Frecuencia de riego (FR)	día			0	39	14	13		26	14	21	0	
Jornada de riego (JR)	hr			24	24	24	24		24	24	24	24	
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha			0.00	0.23	0.63	0.68		0.34	0.65	0.43	0.00	

ANEXO 11 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Tabaco en el área de estudio (Tipo de suelo 2)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm			123.00	85.00	47.00	16.50		8.20	15.50	112.50	176.00	
Precipitación efectiva (Pe)	mm			66.68	53.67	34.98	12.04		4.54	11.08	77.95	103.21	
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm			127.72	122.70	125.55	132.00		170.19	149.40	137.02	115.20	
Coefficiente del cultivo (Kc)	-			0.35	0.75	1.1	0.9		0.35	0.75	1.1	0.9	
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm			44.70	92.03	138.11	118.80		59.57	112.05	150.72	103.68	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm			0.00	38.36	103.13	106.76		55.03	100.97	72.78	0.47	
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día			0.00	1.28	3.33	3.56		1.78	3.37	2.35	0.02	
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm			5.98	5.98	5.98	5.98		5.98	5.98	5.98	5.98	
Lámina neta (LN)	mm			35.89	35.89	35.89	35.89		35.89	35.89	35.89	35.89	
Eficiencia de riego (Ea)	%			60%	60%	60%	60%		60%	60%	60%	60%	
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm			5.98	5.98	5.98	5.98		5.98	5.98	5.98	5.98	
Frecuencia de riego (FR)	día			0	29	11	11		21	11	16	2293	
Jornada de riego (JR)	hr			24	24	24	24		24	24	24	24	
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha			0.00	0.24	0.63	0.63		0.33	0.63	0.43	0.00	

ANEXO 12 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Cacao en el área de estudio (Tipo de suelo 1)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm	40.00	86.00	123.00	85.00	47.00	16.50	28.40	8.20	15.50	112.50	176.00	127.60
Precipitación efectiva (Pe)	mm	32.33	63.15	88.00	63.09	37.40	13.63	24.90	6.39	13.26	83.24	116.23	88.71
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm	126.79	118.72	127.72	122.70	125.55	132.00	154.07	170.19	149.40	137.02	115.20	117.49
Coeficiente del cultivo (Kc)	-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm	133.13	124.66	134.11	128.84	131.83	138.60	161.77	178.70	156.87	143.87	120.96	123.36
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm	100.80	61.50	46.10	65.75	94.43	124.97	136.88	172.31	143.61	60.63	4.73	34.65
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día	3.25	2.20	1.49	2.19	3.05	4.17	4.42	5.56	4.79	1.96	0.16	1.12
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86	10.86
Lámina neta (LN)	mm	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57	32.57
Eficiencia de riego (Ea)	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43	5.43
Frecuencia de riego (FR)	día	11	15	22	15	11	8	8	6	7	17	207	30
Jornada de riego (JR)	hr	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha	0.57	0.42	0.29	0.42	0.57	0.79	0.79	1.05	0.90	0.37	0.03	0.21

ANEXO 13 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Cacao en el área de estudio (Tipo de suelo 2)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm	40.00	86.00	123.00	85.00	47.00	16.50	28.40	8.20	15.50	112.50	176.00	127.60
Precipitación efectiva (Pe)	mm	31.62	61.77	86.08	61.71	36.58	13.33	24.35	6.25	12.97	81.42	113.69	86.77
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm	126.79	118.72	127.72	122.70	125.55	132.00	154.07	170.19	149.40	137.02	115.20	117.49
Coeficiente del cultivo (Kc)	-	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05	1.05
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm	133.13	124.66	134.11	128.84	131.83	138.60	161.77	178.70	156.87	143.87	120.96	123.36
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm	101.51	62.88	48.03	67.13	95.25	125.27	137.42	172.45	143.90	62.45	7.27	36.59
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día	3.27	2.25	1.55	2.24	3.07	4.18	4.43	5.56	4.80	2.01	0.24	1.18
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37	8.37
Lámina neta (LN)	mm	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12	25.12
Eficiencia de riego (Ea)	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19	4.19
Frecuencia de riego (FR)	día	8	12	17	12	9	7	6	5	6	13	104	22
Jornada de riego (JR)	hr	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha	0.61	0.40	0.29	0.40	0.54	0.69	0.81	0.97	0.81	0.37	0.05	0.22

ANEXO 14 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Pasto en el área de estudio (Tipo de suelo 1)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm	40.00	86.00	123.00	85.00	47.00	16.50	28.40	8.20	15.50	112.50	176.00	127.60
Precipitación efectiva (Pe)	mm	30.43	59.54	82.80	59.43	35.21	12.81	23.29	5.96	12.42	78.16	109.66	83.66
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm	126.79	118.72	127.72	122.70	125.55	132.00	154.07	170.19	149.40	137.02	115.20	117.49
Coeficiente del cultivo (Kc)	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm	120.45	112.78	121.33	116.57	119.27	125.40	146.37	161.68	141.93	130.17	109.44	111.62
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm	90.02	53.24	38.53	57.14	84.07	112.59	123.08	155.72	129.51	52.01	0.00	27.96
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día	2.90	1.90	1.24	1.90	2.71	3.75	3.97	5.02	4.32	1.68	0.00	0.90
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76
Lámina neta (LN)	mm	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53	46.53
Eficiencia de riego (Ea)	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76	7.76
Frecuencia de riego (FR)	día	17	25	38	25	18	13	12	10	11	28	0	52
Jornada de riego (JR)	hr	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha	0.53	0.36	0.24	0.36	0.50	0.69	0.75	0.90	0.82	0.32	0.00	0.17

ANEXO 15 Balance Hídrico agrícola mensual para cultivo de Pasto en el área de estudio (Tipo de suelo 2)

Parametro	Unidad	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Precipitación 75% prob.	mm	40.00	86.00	123.00	85.00	47.00	16.50	28.40	8.20	15.50	112.50	176.00	127.60
Precipitación efectiva (Pe)	mm	29.00	56.75	78.92	56.64	33.56	12.21	22.20	5.68	11.84	74.50	104.53	79.74
Evapotranspiración de referencia (ET ₀)	mm	126.79	118.72	127.72	122.70	125.55	132.00	154.07	170.19	149.40	137.02	115.20	117.49
Coeficiente del cultivo (Kc)	-	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95	0.95
Evapotranspiración del cultivo (ETc)	mm	120.45	112.78	121.33	116.57	119.27	125.40	146.37	161.68	141.93	130.17	109.44	111.62
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm	91.45	56.03	42.41	59.92	85.72	113.19	124.17	156.00	130.09	55.67	4.91	31.88
Demanda neta (Dn=ETc-Pe)	mm/día	2.95	2.00	1.37	2.00	2.77	3.77	4.01	5.03	4.34	1.80	0.16	1.03
Lámina de agua aprovechable (LAA)	cm	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98
Lámina neta (LN)	mm	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89	35.89
Eficiencia de riego (Ea)	%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%	60%
Lámina bruta (LB=LN/Ea*10)	cm	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98	5.98
Frecuencia de riego (FR)	día	13	18	27	18	13	10	9	8	9	20	220	35
Jornada de riego (JR)	hr	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24	24
Módulo de riego (MR)	lt/s/ha	0.53	0.38	0.26	0.38	0.53	0.69	0.77	0.87	0.77	0.35	0.03	0.20

ANEXO 16 COMUNIDAD ASISTENTE A REUNIONES

CONTROL DE ASISTENCIA

Fecha: 30-Jul-2010 Lugar: Municipio de Rivera (UH)
 Asunto: Ordenación Quebrada El Albadan.



No	Nombre y Apellido	Identificación	Predio	Dirección	Tel/Celular	Firma
1	Fernando Garcia	12-223509	A-4-A5	Albadan	32149202	[Firma]
2	HENRY GARCIA	7693105	Sas B-Seg			
3			El Barrial			
4	HENRY GARCIA	7693105	Diamante	pedregal	3144845072	HENRY GARCIA
5						
6	Anepsio Rios	12.102117	Satras	capinero	3152556220	Anepsio Rios
7	CARL Garcia	7693106	pedregal	pedregal	3123718742	CARL Garcia
8	Federico Gutierrez	8321742	Lapiedraza	Riverita		Federico Gutierrez
9	Josias Alvarez	1495893	Diamante	pedregal	3133384422	
10	Marina Andrade	26145750	Albadan	Albadan	3182198197	Marina Andrade
11	Gerardo Jose Nolasco L.	7646725	La Florida	Albadan	3112502238	
12	Maria Julia Cruz	1607325	El Albadan	Albadan	3002718707	Maria Julia Cruz
13	Celmira Rosala	26405345	Phonma	Rivera	3136642062	Celmira Rosala
14	Alvaro Enrique Rosada	83229258	Escolastica	Riverita	3163503957	[Firma]
15						
16	Humberto Juarez	4894811	Luzmaria	Albadan	3166993008	Humberto Juarez
17	Elvio Rosada Charry	36347074	El Porro	Riverita	3575035023	Elvio Rosada Charry
18	Edilberto Cuellar	83086336	El Limon	Riverita		
19	Emiliano Pichote	12098761	BO ELORETH	Riverita	3102102212	Emiliano Pichote
20	Ursula de Burdomeo	30415238	Albadan		8380905	
21	Luis Jorge Lascano	26551936	La Florida	Albadan	311-2317212	[Firma]
22	Teres Maria Corzon	12101409	La Florida 29	Riverita	3153333338	
23	Joselin Floria Gomez	26551936	La Florida	Albadan	3136247657	Joselin Floria Gomez
24	Juan Antonio Alvarez	83242775	La Florida	Albadan	3133364444	Juan Antonio Alvarez
25	Francisco Martinez	124931774	La Florida	Albadan		
26						
27						
28						

316624132
 Rivera

Continuación ANEXO 16 COMUNIDAD ASISTENTE A REUNIONES

CONTROL DE ASISTENCIA

Fecha: 13-Agosto-2010

Lugar: Vereda Rivera

Asunto: Ordenamiento Quebrada El Albadan.



No	Nombre y Apellido	Identificación	Predio	Dirección	Tel/Celular	Firma
1	José Mario Gorge	12101409	la paloma	Riverita	3153353338	José Mario Gorge
2	Luis Gorge	812	LA ESCALONIA	Neiva	3153353338	Luis Gorge
3	Humberto Gutiérrez	484481	Refugio	Albadan	3166993008	Humberto Gutiérrez
4	HENRY GARCIA	7693105	Diamante	Bajo pedregal	3144845012	HENRY GARCIA
5	Xosro Alvarado	1495893	Diamante	Bajo pedregal	3153810090	Xosro Alvarado
6	Euclides Forada	4931888	Lanzón	Riverita	3185252853	Euclides Forada
7	Dugo E. Forada	83229258	Escalonia	Riverita	316-3123957	Dugo E. Forada
8	Felicio Gutiérrez	8221828	Lapalmeza	Riverita	-	Felicio Gutiérrez
9	OTAR GARCIA	7693106	Diamante	Albadan	3123718742	OTAR GARCIA
10	San Antonio Vargas	83242775	Mena	Albadan	-	San Antonio Vargas
11	Calmiria dosada	26405345	Riverita	la paloma	3136642442	Calmiria dosada
12	JOSE EL SER CAMACHO	83933582	JOSE E	Bajo pedregal	31863638	JOSE E CAMACHO
13	Verónica Puelano	26415228	Los conejos	com. 9 H 19 J3	8380203	Verónica Puelano
14	POLANIA MONTAÑERO Hinoj	26517245	CANONOS	FINCA TIERRA GRATO	8731391	POLANIA MONTAÑERO Hinoj
15	MISS PARRA DE GALINDO	26409615	CANONOS	F. TIERRA GRATO	8719430	MISS PARRA DE GALINDO
16	Humberto Forada	1493174	Las Cañas	Riverita	No tiene	Humberto Forada
17	Arcecio Rios	12102117	Mangon	Vajo pedregal	315356220	Arcecio Rios
18	Elvia dosada Ch.	36147074	limon	Riverita	8386267	Elvia dosada Cherry
19	Edilberto Cuellar	83086336	limon	Riverita	-	Edilberto Cuellar
20						
21						
22						
23						
24						
25						

ANEXO 17 REGISTRO FOTOGRAFICO



AFOROS QUEBRADA Y DERIVACIONES



LEVANTAMIENTO TOPOGRAFICO Y CENSO AGROPECUARIO



REUNIONES CON LA COMUNIDAD

ANEXO 18

PLANOS

ARTICULO CIENTIFICO

Distribución y uso eficiente del agua de una fuente superficial en una zona con déficit hídrico en periodos de estiaje

Distribution and efficient use of water from a surface stream in an area with shortage of water at drought periods

Jaime Izquierdo Bautista¹ Oscar Javier Moncayo² y Juan Rojas³

Resumen

La investigación se desarrolló en la subcuenca de la quebrada El Albadán, municipio de Rivera, departamento del Huila, Colombia, se tuvo en cuenta el balance hídrico, determinado por el censo agropecuario de cada una de las captaciones de la quebrada, las propiedades básicas del suelo, el requerimiento hídrico de los principales cultivos en diferentes etapas de su desarrollo, el diagnóstico de la oferta hídrica de la quebrada y el caudal ecológico para mantener los ecosistemas naturales. Del balance hídrico se estimó un déficit de 69% del caudal total requerido para los diferentes usos, agropecuario y consumo humano. Se presenta la propuesta de distribución del agua para cada captación mediante un sistema de turnos y restricciones de siembra del 70% para el cultivo del arroz y del 15% para pastos, dando las respectivas recomendaciones para el uso eficiente del agua.

Palabras Clave: déficit hídrico, uso eficiente del agua, balance hídrico, distribución de caudales.

Abstract

Research was developed in the subbasin of the stream El Albadan municipality of Rivera, Huila, Colombia, was taken into account the water balance, determined by the agricultural census of each of the catchments of the stream, basic properties soil, water requirement of major crops in different stages of development, diagnosis of stream water supply and environmental flow to keep natural ecosystems. From water balance, was estimated a deficit of 69% of total flow required for different uses, agriculture and human consumption. Shows the proposed distribution of water for each catchment by a shift system and restrictions on planting of 70% for rice and 15% for pasture, giving the respective recommendations for efficient use of water.

Keywords: water deficit, efficient water use, water balance, flow distribution

¹ M.Sc. Docente Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª. jameizquierdo@usco.edu.co

² Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª. monoscasan@ingenieros.com

³ Ingeniero Agrícola. Universidad Surcolombiana. Avenida Pastrana Carrera 1ª. juanos09@hotmail.com

Introducción

Según la FAO (2000), más del 80% de la población mundial vive en países donde la agricultura es el principal medio de vida. Sin embargo, la degradación de la tierra afecta seriamente a los terrenos y a los recursos acuíferos en muchas áreas tropicales, subtropicales y en las zonas áridas. Además la degradación de las tierras afecta en el mundo a casi al 70% de los terrenos de pastos, al 40% de las tierras de secano y al 30% de las de regadío. Más de un cuarto de la superficie de tierra cultivable en el mundo se ve afectada por la desertificación.

Todos los seres vivos necesitan, en mayor o menor cantidad, agua para vivir. En la Tierra, la mayor parte del agua se concentra en los mares y océanos (97%), es salada, lo cual implica grandes restricciones en su uso. Sólo el 3% del agua en el mundo es dulce; 2% en forma sólida (hielo polar, glaciares, etc.), y el 1% disponible en estado líquido en el ciclo hidrológico. De esta agua, solo el 4% son superficiales, el resto (96%), son subterráneas. El agua dulce aprovechable, las aguas superficiales o poco profundas, son un recurso bastante escaso y aleatorio pues sólo es susceptible de aprovechamiento el 0.4% del total con un reparto muy desigual en las distintas partes del planeta. El resto completa el ciclo hidrológico. Todas las grandes civilizaciones se han asentado y desarrollado históricamente alrededor de fuentes y cauces de agua pues, en general, en casi todas las actividades económicas se requiere de agua para los procesos de producción, (Godino, 2010). Debido al aumento de la población mundial, la cual se ha incrementado de 2.5 billones en 1950 a 6.5 billones en la actualidad, las áreas bajo riego se han duplicado ocasionando que las extracciones de agua dulce se hayan triplicado entre 1950 al presente (FAO, 2010). Esto ha motivado que el agua para irrigación de tierras agrícolas se haya vuelto esencial en muchas partes del mundo, a nivel mundial el 70% del agua dulce extraída es para uso agrícola.

Por su localización geográfica, orografía y una gran variedad de regímenes climáticos, Colombia se ubica entre los países con mayor riqueza en recursos hídricos en el mundo, extrae alrededor de 9 millones de metros cúbicos de agua dulce por año para todo uso, este valor es menos del 1% de la cantidad disponible de agua dulce en todo el territorio nacional. Las fuentes de agua utilizadas por los distintos sectores económicos provienen principalmente de cuerpos de agua superficiales y acuíferos, (Romero, 2010). El Banco Mundial estimó que del total de agua dulce extraída en Colombia para el 2007, un 47% de dicha agua se utilizó para fines agrícolas (Banco Mundial, 2010). No obstante, la disponibilidad de agua dulce no es equitativa tanto en tiempo como en espacio en todo el país ni su uso tampoco. Esta desigualdad ha llevado al uso intensivo de agua para riego en muchas partes del territorio nacional. Sin embargo, cuando se considera en detalle que la distribución de la población y las actividades socioeconómicas se ubican en regiones con baja oferta hídrica, que existen necesidades hídricas insatisfechas de los ecosistemas naturales y que cada vez es mayor el número de impactos de origen antrópico sobre el agua, se concluye que la disponibilidad del recurso es cada vez menor. De acuerdo con el Análisis Ambiental de País del Banco Mundial: “En veinte años el agua escasearía en las regiones Andina y Caribe. En el 2025 el agua escasearía para más de 14 millones de colombianos si el país no adopta las acciones pertinentes para proteger el recurso hídrico nacional que aún le queda” (Sánchez et al., 2009). Por tanto, autoridades internacionales y nacionales proponen medidas que propenden por la racionalización y uso eficiente del recurso hídrico.

Colombia tiene aproximadamente 900.000 Ha bajo riego, de los cuales el 46% están en los departamentos del Valle y Tolima (AQUASTAT, 2010). El Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) ha desarrollado balances hídricos para el territorio nacional como también índices de sequía mensual. Por ejemplo, el índice de sequía mensual para Neiva entre Septiembre de 2008 y Julio de 2010 (23 meses) arrojó que 11 meses estuvieron en déficit de agua (IDEAM, 2010). Esto hace pensar que en la actual situación de fuerte competencia por los recursos hídricos entre todos los sectores de la sociedad, la mejor elección de sistemas de riego para una

agricultura eficiente es una prioridad, especialmente en periodos de escasez. Carneiro et al. (2008), menciona la importancia de conocer el conjunto de tecnologías tradicionales y no tradicionales para captar, almacenar, y utilizar el agua, adaptadas a las diferentes situaciones socio-económicas e hidro-ambientales, así como indicadores del uso eficiente del agua, validados y homologados como herramienta estratégica de gestión en políticas y programas de seguridad hídrica, afectados directa o indirectamente por una situación de severa escasez agravada por cambios climáticos, consecuencia del calentamiento global.

En este sentido es importante mencionar que las cuencas hidrográficas son las principales formas terrestres dentro del ciclo hidrológico ya que captan y concentran la oferta del agua que proviene de las precipitaciones, que luego es utilizada para propósitos tales como consumo de agua potable, riego agrícola, entre otros. Además, cumplen importantes funciones ambientales, como la regulación de la recarga hídrica y la preservación de hábitat y rutas para diversas especies animales y vegetales. (Dourojeanni et al., 2002; Pineda et al., 2006).

En la zona norte del Departamento del Huila las necesidades hídricas de los cultivos, la baja eficiencia del riego no tecnificado y en general el uso inadecuado son algunas razones para mejorar las condiciones de distribución y uso eficiente del agua para el abastecimiento de la población y el desarrollo de actividades productivas sin afectar el desarrollo de los ecosistemas naturales que dependen de su oferta hídrica (CAM, 2010).

En este orden de ideas, el presente trabajo propone una alternativa para la distribución y uso eficiente del agua de una fuente superficial para una zona con déficit hídrico en periodos de estiaje, teniendo en cuenta el balance hídrico del área de estudio, determinado por el censo agropecuario, las propiedades básicas del suelo, el requerimiento hídrico de los principales cultivos en diferentes etapas de su desarrollo, aforos puntuales en la corriente y el diagnóstico de la oferta hídrica de la quebrada. El estudio se desarrolló en la subcuenca de la quebrada El Albadán, municipio de Rivera.

Materiales y métodos

Caracterización y reconocimiento del área de estudio

La investigación se desarrolló en la subcuenca de la quebrada El Albadán, perteneciente a la cuenca del río Neiva, localizada en zona rural del municipio de Rivera ubicado en el nororiente del departamento del Huila. Se recopiló información relacionada con la administración del recurso hídrico, climatología de la zona y cartografía de la subcuenca en la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), el IDEAM, la Universidad Surcolombiana y el Municipio de Rivera. Se hizo reconocimiento del área de estudio por medio de visitas a campo y reuniones con la comunidad de usuarios de la quebrada y el levantamiento planimétrico con GPS del cauce principal de la corriente, las derivaciones principales, secundarias y tomas prediales.

Identificación de usuarios y predios a beneficiar

Se elaboró el censo de usuarios y agropecuario (cultivos, animales y consumo doméstico), para identificar los diferentes usos del agua de la quebrada, cantidad de hectáreas regables, cultivos establecidos y prácticas culturales.

Determinación del balance hídrico de la subcuenca

La demanda hídrica se calculó a partir de la evapotranspiración del cultivo y la precipitación efectiva, teniendo en cuenta las propiedades físicas del suelo en tres zonas representativas de los tipos de suelo del área de estudio, obtenidos a partir del EOT (Esquema de Ordenamiento Territorial) de Rivera. La

oferta hídrica se determinó a partir de la morfometría de la subcuenca, como la diferencia entre el caudal mínimo para épocas de estiaje y el caudal ecológico para la conservación de los ecosistemas de la quebrada. Posteriormente los caudales de oferta y demanda fueron empleados para determinar el balance hídrico.

Formulación de la propuesta de distribución y uso eficiente del recurso hídrico.

Se elaboró la propuesta de distribución de las aguas de la quebrada El Albadán para cada uno de los cultivos con las respectivas recomendaciones para el uso eficiente del recurso hídrico de la quebrada y el cuadro final de distribución del agua para los usuarios de la quebrada por captaciones.

Resultados y discusión

La figura 1 muestra el esquema general de la subcuenca de la quebrada El Albadán, dividida en dos zonas: La zona alta, donde se encuentran los afluentes principales y se considera como el área que aporta la oferta de caudal y la zona baja donde se ubican cada una de las derivaciones para los usos agropecuario y doméstico que representan la demanda hídrica. Este esquema permite tener una visión general de la distribución hidrográfica de la subcuenca, la cual cubre un área de 30.1 kilómetros cuadrados y representan el 8.1 % del municipio de Rivera y tiene como principales afluentes a las quebradas: Agua Caliente, Agua Fría y la Balsa (CAM, 1999).

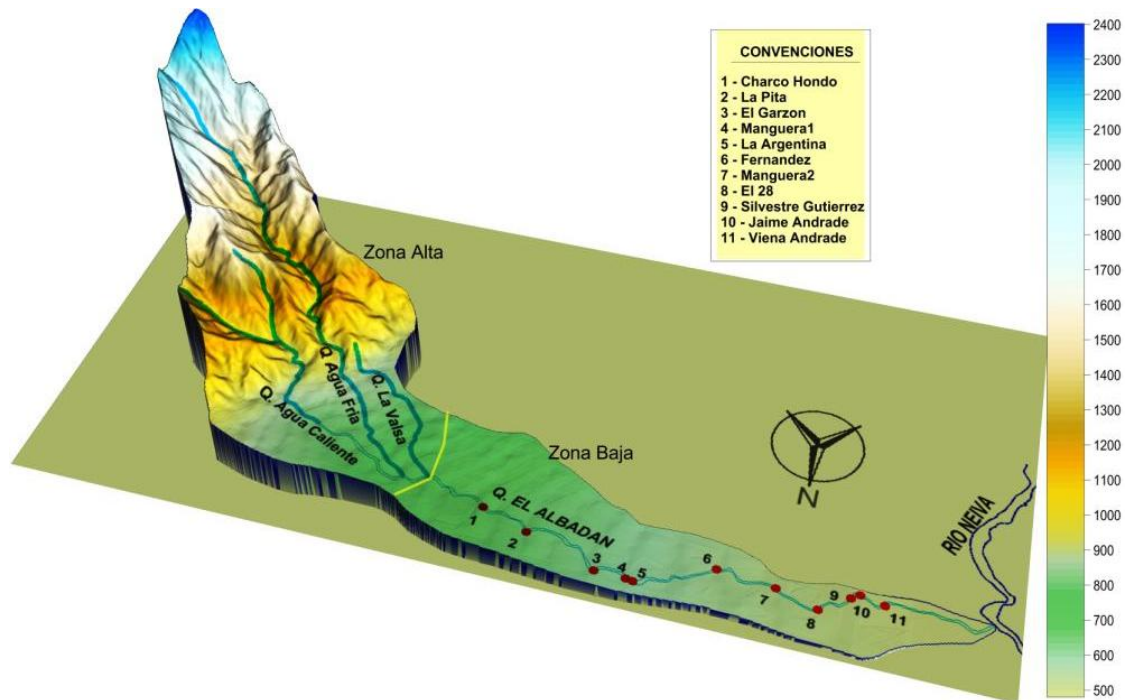


Figura 3. Esquema general de la subcuenca El Albadán y sus diferentes captaciones para uso agropecuario y consumo humano

La Tabla 1 muestra los módulos de consumo obtenidos, el caudal requerido para cada uno de los usos de la quebrada y el balance hídrico. Como se observa, existe un elevado porcentaje de déficit hídrico en periodos de estiaje, estimado en 69% del caudal total requerido para los diferentes usos establecidos. Esto implica necesariamente que el riego de todos los cultivos se debe realizar por turnos.

Para promover el uso eficiente del agua se propone regar el cultivo del cacao durante las horas diurnas (6:00 A.M. a 6:00 P.M.), para que su sombrero natural contribuya a disminuir la evaporación del agua de riego; con el mismo objetivo, en la noche (6:00 P.M. a 6:00 A.M.) se regarían los pastos, el tabaco y los cultivos clasificados bajo la categoría de “Otros”. El cultivo del arroz en la zona, tradicionalmente se mantiene inundado todo el día durante las épocas de riego, siendo irrelevante la jornada en que éste se aplique desde el punto de vista de disminución de la evaporación, sin embargo como los demás cultivos emplearán el caudal disponible en la noche, se ha designado su riego en las horas del día. Las demandas para los usos humano y pecuario (incluido el piscícola) se abastecerán de forma permanente.

Tabla 3 Módulos de consumo y caudal requerido

Cultivo	Área (Ha)	Módulo de riego (L/s-Ha)	Caudal requerido (L/s)
Arroz	84.83	2.04	173.05
Tabaco	10.56	0.68	7.18
Cacao	27.30	1.05	28.67
Pasto	109.65	0.67	73.47
Otros	25.00	0.50	12.50
Subtotal			294.86
Otros usos			
Piscícola	3.46	3.47	12.01
	Cantidad	Demanda (L/día)	Caudal Requerido (L/s)
Domestico	12	200	0.028
Bovino	60	40	0.028
Balance Hídrico		Caudal Total Requerido	306.93
		Oferta hídrica disponible	94.86
		Déficit	69%

Además de estas recomendaciones, para solucionar el problema de déficit hídrico de forma definitiva, se sugiere reducir en un 70% el cultivo de arroz por ser el de mayor consumo hídrico y en un 15% el cultivo del pasto, por tener la mayor extensión en el área de estudio. De esta manera, la oferta hídrica disponible para épocas de estiaje quedaría distribuida como se observa en la tabla 2.

De acuerdo con Ferreyra y Sellés (1997), cuando la disponibilidad de agua es limitada, en la mayoría de los cultivos, es preferible sembrar una superficie más pequeña y satisfacer todas sus necesidades de agua para mantener los rendimientos, que trabajar en un área mayor; lo que concuerda con el presente estudio donde se redujo el área cultivada, pero se mantuvo el mismo módulo de riego, es decir que no se redujo la cantidad de agua a aplicar por hectárea, para no someter los cultivos a estrés hídrico que ocasionara disminución en su rendimiento. Sin embargo Rodrigues y Pereira (2008), mencionan que los agricultores podrían adoptar la técnica de riego deficitario, que consiste en aplicar riegos cuyo volumen está por debajo de las necesidades reales del cultivo, afectando en consecuencia su producción, no obstante el impacto sobre la productividad del cultivo y sobre el balance económico del mismo pueden ser negativos o no, dependiendo del calendario de riego adoptado, y del sistema que emplee el agricultor para implementarlo; las pérdidas podrían ser aceptables si la gestión del riego permitiera controlar el déficit, y si éste fuera impuesto durante los periodos en los que el cultivo es menos sensible.

Tabla 4 Distribución de caudales

Uso	Caudal (L/s)	
	Diurno	Nocturno
Arroz	51.81	-
Tabaco	-	7.21
Cacao	28.59	-
Pasto	-	62.75
Otros	-	12.50
Subtotal	80.40	82.46
Humano	0.028	0.028
Bovino	0.028	0.028
Piscícola	12.01	12.01
Total	92.47	94.53

Obsérvese que el caudal total, ya sea para el turno diurno nocturno, no sobrepasa la oferta hídrica disponible de 94.86 L/s.

Igualmente se recomienda implementar sistemas de riego con mayor eficiencia como la aspersión en el pasto y mejorar los sistemas de riego por gravedad para disminuir las pérdidas por escorrentía superficial, aplicando técnicas como la nivelación del terreno en el cultivo del arroz.

A continuación se muestra el cuadro final de distribución del agua de la quebrada El Albadán por captaciones para época de estiaje.

Tabla 5 Cuadro de distribución de caudales de la corriente El Albadán

Derivación	Uso Agrícola-Ha					Otros usos			Caudal requerido (L/s)	Caudal diurno (L/s)	Caudal nocturno (L/s)
	Arroz	Tabaco	Cacao	Pasto	Otros	*Domes.	**Bovin	***Piscic			
Charco Hondo	38.0		7.3	36.1	7.0	2.0	3.0	0.3	56.2	32.0	25.4
La Pita			6.0	5.0	5.5			0.5	13.6	8.0	7.3
El Garzón		3.4	7.0	18.0	5.5		28.0	2.1	30.0	14.7	22.7
Manguera 1								0.3	0.9	0.9	0.0
La Argentina		7.2	3.0	28.5	3.0	4.0	4.0		25.9	3.2	22.7
Fernández	10.3		3.0	8.0	4.0				16.0	9.5	6.6
Manguera 2			1.0						1.0	1.0	0.0
El 28	10.0			10.0		6.0	25.0	0.3	12.7	7.0	6.6
Silvestre Gutiérrez	10.0								6.1	6.1	0.0
Jaime Andrade	5.0								3.1	3.1	0.0
Viena Andrade	11.5			4.0					9.3	7.0	2.3
Total	84.8	10.6	27.3	109.6	25.0	12.0	60.0	3.5	174.9	92.5	93.7

*Número de personas, ** Número de cabezas, ***Ha de espejo de agua.

La Tabla 3, de distribución del agua de la quebrada El Albadán plantea como alternativa la reducción del área cultivada de arroz y pastos para solventar los problemas de déficit hídrico durante las épocas de estiaje, debido a que representan la mayor demanda de agua entre los cultivos de la zona; de manera

similar el convenio CAM-SINA (2005) para dar solución a problemas del mismo tipo en la corriente de Río Frío, Rivera (Huila), propone no cultivar arroz en la zona del estudio, además de reducir en un 11% el módulo de riego del pasto; coincidiendo ambos estudios en la restricción del arroz, debido a que satisfacer su alta demanda de agua impediría el aprovechamiento de una gran cantidad de tierras destinadas a otros cultivos, pero discrepando en algunos aspectos, puesto que el cuadro de distribución propuesto en esta investigación no contempla la posibilidad de una restricción total del cultivo para no afectar de manera drástica a los productores arroceros; ni propone disminuir módulos de riego, para evitar afectaciones en el rendimiento de los cultivos.

Conclusiones

De acuerdo con el balance hídrico existe un déficit de caudal de 70% aproximadamente, lo cual hace imposible atender la demanda total de los usuarios de forma continua y a toda hora, por lo tanto se requiere la aplicación de turnos y restricciones de siembra del 70% para cultivos en arroz y un 15% para pastos, permitiendo así un adecuado manejo del recurso hídrico de forma eficiente, equitativa y oportuna. El caudal a utilizar en el turno diurno se estimó en 92.5 L/s. y el nocturno en 93.7 L/s., satisfaciendo las necesidades de los usuarios.

Este estudio tuvo en cuenta la distribución y manejo del recurso hídrico de una fuente superficial donde se presenta un alto porcentaje de déficit hídrico en época de estiaje, considerando el caudal total demandado por los usuarios de la corriente, el caudal de oferta mínimo y el caudal ecológico.

Referencias Bibliográficas

1. AQUASTAT, 2010. Aéreas Irrigadas en Colombia. Consultado el 15 octubre de 2010. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/co/index.stm>
2. Banco Mundial. 2010. Extracción Anual de agua dulce por uso agrícola. Consultado 15 de octubre 2010. <http://datos.bancomundial.org/indicador/ER.H2O.FWAG.ZS>
3. CAM – SINA (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, Sistema Nacional Ambiental), 2005. Informe Final de la revisión de la reglamentación y conformación del sistema de administración del recurso hídrico, corriente Río Frío, Municipio de Rivera Departamento del Huila.
4. CAM (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena), 1999. Esquema de Ordenamiento Territorial del Municipio de Rivera. Neiva.
5. Carneiro, A. P., da Silva, H. P., Abraham, E., Morató, J., Tomasoni, M., 2008. Uso da água nas terras secas da Iberoamérica: indicadores de eficiência hidro-ambiental e sócio-econômica. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Consultado el 7 de Diciembre de 2010. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=526>. pp. 60-71 (Ecosistemas, Vol.17 no.1, ISBN 1697-2473. Enero 2008).
6. Dourojeanni, A., Jouravlev, A., Chávez, G., 2002. Gestión del agua a nivel de cuencas: teoría y práctica. Santiago de Chile. Consultado el 5 de Diciembre de 2010. http://www.usp.br/govagua-alfa/portugues/Gestion_del_agua_a_nivel_de_cuencas_Teoria_y_practica.pdf
7. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations), 2000. La utilización y la gestión sostenible de las tierras son fundamentales para prevenir la degradación del suelo. Consultado el 7 de Diciembre de 2010. http://www.fao.org/waicent/ois/press_ne/PRESSSPA/2000/prsp0027.htm

- 8.** Ferreyra E., R. y Sellés V. SH., G., 1997. Manejo del Riego en Condiciones de Restricción Hídrica. Serie La Platina, n° 67. Santiago, Chile. 11 pp. Consultado el 21 de diciembre de 2010. <http://alerce.inia.cl/docs/Informativos/SerieLaPlatina67.pdf>.
- 9.** Godino, M., 2010. Las cuencas hidrográficas en el uso del agua. Memorias Primer Seminario Uso Racional del Agua en Proyectos de Irrigación -USRA-, noviembre, Neiva.
- 10.** IDEAM (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales), 2010. Índice de Sequía Mensual. Consultado el 02 de septiembre de 2010. <http://institucional.ideam.gov.co/jsp/index.jsf>
- 11.** Pineda, C., Machado, D., Casanova, E., Vilorio, J., 2006. Evaluación física de tierras de la cuenca alta del Río Guárico con fines de producción sustentable de agua. Venezuela. Consultado el 5 de Diciembre de 2010. <http://www.scielo.org.ve/pdf/at/v56n3/art05.pdf>
- 12.** Rodrigues, G., Pereira, L. S., 2008. Avaliação dos impactos económicos da rega deficitária no perímetro de rega da Vigia. Revista científica y técnica de ecología y medio ambiente. Consultado el 7 de Diciembre de 2010. <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?Id=529>. pp. 86-106. (Ecosistemas, Vol.17 no.1, ISBN 1697-2473. Enero 2008).
- 13.** Romero, P. H., 2010. Diagnóstico del agua y el recurso hídrico en Colombia. Memorias Primer Seminario Uso Racional del Agua en Proyectos de Irrigación -USRA-, noviembre, Neiva.
- 14.** Sánchez, E., Ahmed, K., Awe, Y., 2009. Análisis Ambiental de País. Banco Mundial.