



UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
NÚCLEO UNIVERSITARIO "RAFAEL RANGEL"
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
ÁREA: PLANIFICACION Y DESARROLLO RURAL
TRUJILLO ESTADO TRUJILLO

**EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO PARA LA
PLANIFICACIÓN EN LA CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DEL AGUA CON
FINES DE IRRIGACIÓN DE LA FINCA EL RETO DE LA
UNIVERSIDAD DE LOS ANDES.**

Por:

Castellano C. Carlos A. Díaz M. Pierina P.

Trabajo de grado presentado a la ilustre Universidad de Los Andes, Núcleo Universitario "Rafael Rangel" para optar el título de:

Ingeniero Agrícola:

Ing. Igle Umbría
Tutor Académico

Ing. Johny Humbria
Asesor Académico

Ing. Libert Sanchez
Asesor

Villa, julio 2013

DEDICATORIA

A Dios y a la Virgen Santísima en la invocación del Carmen, que este trabajo sea por y para la gloria de Dios. Amén.

A mis padres Alejandrina y Bernardo, por ser fuente: de amor, de fe, de motivación, de apoyo, de comprensión, de lucha; gracias a su ayuda hoy es posible esta realidad, por eso esto es de ustedes. Los AMO.

A mis queridos abuelos (mis segundos padres), José Humberto y Francisca Antonia, quienes con su ejemplo y enseñanza me incentivaron a luchar por lo que uno quiere.

A mi hijo Jesús Alberto quien me da fuerzas para seguir adelante, esto es por ti y para ti mí querido hijo.

A mi hermana Marilú, quien con tanto amor me ayudo, y me apoyo en todo momento, te Amo hermanita.

A todos aquellos que de una u otra manera aportaron su granito de arena para su realización.

A todas aquellas personas que estén interesadas en progresar, espero que este trabajo les sirva de ayuda.

Carlos Castellano

DEDICATORIA

Este triunfo se lo dedico a todos aquellos seres que siempre estuvieron para mí en todo momento, en especial:

A mi Dios todopoderoso, el ser más grande al que le debo la vida y al que estaré eternamente agradecida por esta oportunidad.

A mi madre mujer maravillosa, trabajadora, luchadora y emprendedora a la cual le debo todo mi ser, la que me ha apoyado en las buenas y en las malas y nunca me ha abandonado, gracias mami por amarme como lo haces. Te amo.

A mi segunda madre mi abuela Prajedes, o como siempre le decía "mama", que aunque ya no te encuentres presente en cuerpo, siempre lo estarás en mi corazón, este triunfo también es tuyo viejita ya que siempre luchaste junto a mí por llegar hasta esta meta. Siempre te amare mi viejita adorada.

A mi abuelo José Belisario al que siempre he visto como a un padre, tu viejo que has sido mi apoyo en todo momento y mi cómplice perfecto, lo logre viejo. Te amo.

A mi hijo, mi negro Gabriel Leonardo, tu llegada le dio luz a mi vida, eres lo más bello que tengo y eres quien me dio la fuerza para seguir adelante cuando me sentía derrotada, en este camino tan largo de lucha y estudio espero servirte de guía y de ejemplo mi amor. Te amo.

A mi tía Diomira por ser la persona que más me ha apoyado en este largo camino, gracias por estar siempre ahí aparte de mi tía mi amiga, gracias por tus consejos, tus regaños y por tenderme la mano en el momento que más lo necesitaba, siempre has estado ahí dándome palabras de aliento y animándome a seguir adelante. Eres especial en mi vida Diomi, te quiero mucho, Gracias por ser quien eres.

A mis adorados hermanos a quienes amo con todo mi corazón, en especial a ti Will que siempre has sido de gran apoyo en mi vida y fuiste mi ejemplo de lucha y perseverancia, tu fuerza me ayudo a estar donde estoy en este día. Te amo mi cielo.

A todas aquellas personas que de una u otra forma colaboraron en la realización de este trabajo. Gracias.

Pierina Díaz

AGRADECIMIENTOS

*A Dios y a la Santísima Virgen en la Invocación del Carmen, por darme la oportunidad de estudiar en el **NUCLEO UNIVERSITARIO RAFAEL RANGEL DE LA UNIVERSIDAD DE LOS ANDES** y por darme todo lo necesario para alcanzar mi parte de mi misión en esta vida.*

A mis padres, Alejandrina y Bernardo, sin ustedes esta meta no hubiera sido posible.

A mi hermana Marilú, gracias hermanita por tanto amor y apoyo incondicional, Dios me le pague y nunca le falte lo necesario.

A mis abuelos, Jose Humberto, Francisca Antonio y Teodomiro (+) por su apoyo incondicional, a todos mis tíos que de una u otra manera me motivaron a seguir luchando y muy en especial a: Armando, Cesar, Nato, Abilio, Rosalía, Edecio y Adalberto.

A todos los profesores y compañeros del NURR y en especial a: Prof. Ulneiver Mejia, Prof. Johny Umbria, Prof. Igle Umbria, Prof. Gogly Marquez, Prof. Francisco Briceño (+) y Prof. Ciprian Delgado, a mis compañeros: Pierina, Yeffri, Alicia, Gloria, Alexis, Ramón, Jhemirson, Carlos, Jorge, Alejandro y Luis, a todos gracias por incentivar me y por su ayuda Dios me les pague y los tenga alentaitos Amen.

Al Ing. Libert Sanchez por su ayuda tan valiosa para la realización de este trabajo, Dios se lo pague y le conseda todo lo necesario. Al Ing. Jorge Suarez y Ing. Lexa Pineda. Dios les pague por su colaboración.

Al los trabajadores del Laboratorio de Materiales de Construcción de Construcción del NURR y los trabajadores de la biblioteca y Claret Márquez. Muchas gracias por tan valiosa ayuda.

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) con código NURR-C-556-12-01-F, por su contribución para la realización de este trabajo, muchísimas gracias.

A la residencias Sra. Paz, por su amabilidad de alojarme durante mas de seis años, a todos mis compañeros de la residencia. Dios me les pague por tu inmensa ayuda.

Carlos Castellano

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios todopoderoso por su infinito amor, fue mi guía en todo momento y el que sembró en mí la fe para creer en él y en mi misma.

A la ULA “Núcleo Universitario Rafael Rangel” por darme la oportunidad de cursar mi carrera en esta prestigiosa casa de estudio

A mi mami te agradezco por darme la vida y la lucha por ella, te agradezco todo el amor paciencia apoyo que me has dado y la fe que gracias mami siempre tuviste en mi. Sin tu ayuda este logro no hubiera sido posible.

A mi hijo, mis abuelos, hermanos, tías gracias por incentivarme a llegar donde estoy. A todos ellos por llenar mi vida de grandes momentos. Sin ustedes no hubiera logrado este triunfo.

A todos los profesores del NURR en especial a: Igle, Johnny, Liberth y Ulneiber, gracias por la paciencia que nos tuvieron, por el apoyo, por su tiempo y por la enseñanza que nos transmitieron.

A Carlos (Caliche) por haber sido un excelente compañero de tesis y amigo y por haberme tenido la paciencia necesaria en todo momento.

A todos mis compañeros de estudio en especial al Negro (Chourio) por su parte significativa en esta etapa de mi vida, de todo corazón les doy las gracias por su apoyo incondicional, carisma, amistad y haber hecho de mi etapa universitaria un trayecto de vivencias que no olvidare.

Al Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico, Tecnológico y de las Artes (CDCHTA) con código NURR-C-556-12-01-F, por su contribución para la realización de este trabajo, muchísimas gracias.

A todo el personal que labora en el NURR que de una u otra manera colaboraron en la realización de este trabajo y aportaron su granito de arena en todo el trayecto de nuestra carrera.

Pierina Díaz

INDICE GENERAL

ACTA DE TRABAJO DE GRADO	II
DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTOS	V
INDICE GENERAL	VII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
INDICE DE FIGURAS	XV
LISTADO DE APÉNDICES	XVII
LISTADO DE SIMBOLOS	XVIII
RESUMEN	XX
INTRODUCCIÓN	XXI
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	24
1.1. El problema	24
1.2. Formulación del problema	27
1.3. Objetivo General	28
1.4. Justificación	28

1.5. Delimitaciones	31
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	33
2.1. Antecedentes	33
2.2. Bases Teóricas	36
2.2.1. Planificación	36
2.2.2. Planificación de recursos hídricos o cuenca hidrográfica	38
2.2.3. Recursos hídricos	39
2.2.3.1. Recurso agua	40
2.2.3.2. La hidrología	40
2.2.3.3. Cuencas hidrográficas	41
2.2.3.4. Fuentes de agua	41
2.2.3.5. Hidrología de las aguas superficiales	42
2.2.3.6. Disponibilidad de agua	43
2.2.4. Calidad del agua	45
2.2.5. Demandas de agua por los cultivos	48
2.2.6. Recurso suelo	39
2.2.6.1. Textura	50
2.2.6.2. Reacción del suelo (PH)	50
2.2.6.3. Conductividad eléctrica	51
2.2.6.4. Densidad aparente	53
2.2.6.5. Niveles de humedad en el suelo	55
2.2.7 Infiltración	57
2.2.7.1. Pruebas de infiltración	59
2.2.7.2. Infiltración básica	61
2.2.7.3. Medición de la infiltración	62
2.2.8. Estimación de las demandas hídricas de los cultivos	65

2.2.8.1. Evapotranspiración o uso consuntivo	65
2.2.8.1.1. Evaporación	66
2.2.8.1.2. Transpiración	66
2.2.8.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET _o)	67
2.2.8.3. Evapotranspiración del cultivo particular (ET _c)	68
2.2.8.4. Balance hídrico	69
2.2.8.5. Precipitación efectiva	71
2.2.8.6. Lámina almacenable	71
2.2.8.7. Lámina neta	71
2.2.8.8. Umbral de riego (UR)	72
2.2.8.9. Frecuencia de riego máxima (f _{rmax})	72
2.2.8.10. Frecuencia de riego (f _r) y días de riego (d _r)	72
2.2.8.11. Lámina bruta de riego (l _b)	72
2.2.9. Riego	73
2.2.9.1. Sistema de riego	73
2.2.9.2. Obras hidráulicas	75
2.2.9.2.1. Obras de captación	75
2.2.9.2.2. Toma libre	79
2.2.9.2.3. Presa de derivación	80
2.2.9.2.4. Toma de fondo	80
2.2.10. Obras de almacenamiento	80
2.2.10.1. Tipos de estanques	81
2.2.10.2. Desarenador	81
2.3. Bases legales	86
2.4. Mapa de Variables	90
CAPITULO III: MARCO METODOLÓGICO	91

3.1. Tipo de Investigación	91
3.2. Diseño de la Investigación	92
3.3. Técnicas e instrumentos de investigación	92
3.3.1. Recopilación de información básica	92
3.3.2. Etapa de campo	94
3.3.3. Determinación de la demanda hídrica de la finca “el reto”	95
3.3.4. Elaboración de planos	95
3.3.5. Diseño de las obras de captación y almacenamiento	95
3.3.6. Materiales y métodos	96
3.3.7. Elaboración del cálculo de la inversión inicial de las obras	101
3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	101
CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1. Ubicación del área de estudio	102
4.2. Aspectos físicos – ambientales	104
4.2.1. Relieve y topografía	104
4.2.2. Suelo	104
4.3. Aspectos climáticos	107
4.3.1. Clima	107
4.3.2. Precipitación	108
4.3.3. Temperatura	110

4.3.4. Humedad relativa	110
4.3.5. Evaporación	110
4.3.6. Viento	110
4.3.7. Vegetación	112
4.4. Geología y geomorfología	113
4.5. Descripción de la cuenca en estudio	115
4.6. Hidrografía y aguas subterráneas	117
4.7. Recurso agua	117
4.8. Suelo e infiltración	118
4.9. Demanda hídrica de la finca	118
4.9.1. Determinación de la evapotranspiración para la zona en estudio (ET _o)	119
4.9.2. Determinación de la evapotranspiración del cultivo particular (ET _c)	119
4.9.3. Calcular los valores de la ET.	122
4.9.4. Calculo de la precipitación efectiva	123
4.10. Calculo del Balance hídrico	123
4.11. Cálculo del volumen de agua para los cultivos	130
4.12. Demanda por consumo animal.	131

4.13. Diseño de las obras hidráulicas requeridas	132
4.13.1. Caudal de diseño de la obra de captación	132
4.13.2. Caudal a derivar por la obra de captación	133
4.13.3. Levantamiento topográfico del sitio de captación	133
4.13.4. Diseño de la obra de captación	134
4.13.5. Obra de captación (dique-toma)	134
4.13.6. Diseño del desarenador	139
4.13.7. Trazado de la tubería de aducción	142
4.13.8. Almacenamiento	143
4.14. Estimación de la inversión inicial de las obras propuestas	146
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	147
5.1 Conclusiones	147
5.2 Recomendaciones	150
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	151

INDICE DE TABLAS

TABLA	CONTENIDO	PÁG.
2.1.	Aforo Estación Experimental “El Reto”	45
2.2.	Análisis físico químico del agua	48
2.3.	Análisis mecánico de pH, C.E. y materia orgánica	54
2.4.	Valores promedios de los % de humedad para el lote “B1” y lote “B2”	56
2.5.	Resultados del análisis de retención de humedad	57
2.6.	Valores promedios: densidad aparente, textura, retención de humedad, agua útil, conductividad eléctrica, Ph	58
2.7.	Resumen de las propiedades físicas del suelo	58
2.8.	Velocidades de infiltración	63
2.9.	Valores promedio de infiltración básica	64
2.10.	Velocidades de infiltración potreros I y potreros II	64
4.1.	Clasificación de los suelos predominantes	106
4.2.	Registro de Precipitación promedio mensual entre los años 2002–2010	109
4.3.	Variación de la temperatura entre los años 1999 – 2007	111
4.4.	Zonas Vegetativas y géneros predominantes	112
4.5.	Resumen sobre el contexto físico natural de la Estación	

Experimental “El Reto”	113
4.6. ETo (mm/día) hallado con el software “ETo Calculator”	
para la zona en estudio	119
4.7. Valores de Kc Para diferentes cultivos	120
4.8. Longitud de las etapas de desarrollo para los distintos cultivos	120
4.9. Resumen de los valores ETo, Kc, ETc para el cultivo de	
caña de azúcar	122
.10. Resumen de los valores ETo, Kc, ETc para el cultivo	
de pasto potrero La Vega	122
4.11. Precipitación efectiva (mm), Pe, estimada para finca El Reto	123
4.12. Balance hídrico para el cultivo de cultivo de caña de azúcar	124
4.13. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero La Vega	125
4.14. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero El Llano (1 y 2)	126
4.15. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero con suelos	
de textura franco arenosa (F.a)	127
4.16. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero con suelos	
de textura franco (F)	128
4.17. Demanda hídrica del sector pecuario	131
4.18. Fuerzas y momentos actuantes en la sección transversal	
del dique-toma.	137

INDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PÁG.
2.1.	Tipo de textura del suelo de la estación experimental	
	finca El Reto	52
3.1.	Sitio de la realización del aforo	100
3.2.	Levantamiento topográfico	101
3.3.	Calicata	102
3.4.	Procesamiento de las muestras	103
4.1.	Mapa del uso del suelo de la estación experimental	
	Finca El Reto	103
4.2.	Mapa estado Trujillo	105
4.3.	Mapa municipio Pampán	105
4.4.	Ubicación relativa finca El Reto	105
4.5.	Precipitación promedio	109
4.6.	Temperatura promedio 1999-2007	111
4.7.	Curva del coeficiente (Kc) del cultivo de la caña de azúcar	121
4.8.	Curva del coeficiente (Kc) del cultivo de pasto	121
4.9.	Balance hídrico para el cultivo de caña de azúcar	125
4.10.	Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero La Vega	126

4.11. Balance hídrico para el cultivo de pasto potreros	
Llano (1 y 2)	127
4.12. Balance hídrico para el cultivo de pasto potreros con	
suelos de textura Franco arenosa (F.a)	128
4.13. Balance hídrico para el cultivo de pasto potreros con	
suelos de textura franco arenosa (F)	129

bdigital.ula.ve

LISTA DE APÉNDICES

APENDICE	CONTENIDO	PAG.
A	Cantidad y calidad del agua del rio Monaycito y quebrada La Betico (aforo)	156
B	Infiltración de los lotes B1 y B2	166
C	Valores de eficiencia para el riego por aspersión (CIDIAT) Valores de eficiencia para el riego por aspersión (CIDIAT) y caudales registrados por el Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales sección Trujillo en la quebrada La Betico y el Rio Monaycito.	175
D	Uso del suelo finca El Reto y análisis del suelo	176
E	Levantamiento topográfico del sitio donde se construirá las obras propuestas	185
F	Mapa drenajes (quebrada La Betico y rio Monaycito) y planos de las obras propuestas	191
G	Propiedades fiscales del agua y grafica de Fair y Gever	215
H	Cálculo de la aducción y especificaciones de la bomba	218
I	Planificación bovina por grupos etarios en la finca El Reto	224
J	Presupuesto, materiales, memoria descriptiva, cronograma de ejecución de las obras planteadas y cotización del tanque	226

APENDICE	CONTENIDO	PAG.
A	Cantidad y calidad del agua del rio Monaycito y quebrada La Betico (aforo)	129
B	Infiltración de los lotes B1 y B2	138
C	Valores de eficiencia para el riego por aspersión (CIDIAT)	147
D	Uso del suelo finca El Reto y análisis del suelo	149
E	Levantamiento topográfico del sitio donde se construirá las obras propuestas	157
F	Mapa drenajes (quebrada La Betico y rio Monaycito) y planos de las obras propuestas	163
G	Propiedades fisicas del agua y grafica de Fair y Gever	187
H	Cálculo de la aducción y especificaciones de la bomba	190
I	Planificación bovina por grupos etarios en la finca El Reto	196
J	Presupuesto, materiales, memoria descriptiva, cronograma de ejecución de las obras planteadas y cotización del tanque	198

LISTA DE SÍMBOLOS

SÍMBOLOS DEFINICIÓN

m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
mm	Milímetros
Ha	Hectárea
l	Litros
s	Segundo
Fa	Franco arenoso
F	Franco
m	Metros
°C	Grados Celsius
l/s	Litros por segundo
mg/l	Miligramo por litro
cm	Centímetros
%	Porcentaje
CE	Conductividad eléctrica
CC	Capacidad de campo
PMP	Punto de marchites permanente
mm/min	Milímetros por minutos
m/s ²	Metros por segundos cuadrados
mm/día	Milímetros por día
gr/cm ³	Gramos por centímetros cúbicos
m ²	Metros cuadrados
m.c.a	Metros de columna de agua
m ³	Metros cúbicos
l/h	Litros por hora
PEAD	Polietileno de alta densidad

N/m ²	Newton por metros cuadrados
PSI	Libras por pulgada cuadrada
PE	Polietileno
“	Pulgadas
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Pe	Precipitación efectiva
Min	Mínimo(a)
Mm	Milímetro
Med	Medio (a)
Max	Máximo (a)
Kc	Coefficiente del cultivo
Q	Caudal
TLA	Tribunal Latinoamericano del Agua
ETo	Evapotranspiración del cultivo de referencia
ETp	Evapotranspiración potencial
Et	Evapotranspiración real o de un cultivo en particular

RESUMÉN

La presente investigación tuvo como propósito realizar una evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes. Para tal fin, se describieron las cuencas hidrográficas y se evaluaron los recursos hídricos con que cuenta la estación experimental para realizar la planificación de los mismos, determinar las fuentes de agua presentes en la zona que cubre la demanda hídrica; se analizaron las fuentes estadísticas y estudios que manejan las características fisicoquímicas y biológicas anteriores, permitiendo elaborar diseños de las obras hidráulicas convenientes para la captación y almacenamiento en la zona de estudio.

En este sentido, se aplicó una metodología proyectiva con un diseño de campo. La recolección de información se realizó a través de la consulta de textos, trabajos de investigación, proyectos de grado anteriores, artículos de revistas, sitios Web, entes gubernamentales sobre las características del área de estudio, actividades de campo, visita y recorrido a los terrenos de la finca, levantamiento topográfico detallado, tomas de muestras de suelo, aforo en la quebrada La Beticó, estimación de la cantidad hídrica que demanda la finca en general, elaboración de planos y diseño de las obras de captación y almacenamiento.

Las técnicas que se utilizaron para el procesamiento de los datos fueron softwares tales como AutoCAD, topocal, ArcMap 9.3, Cropwap 8.0, Eto calculator, mapsourse, lulowin y hojas de cálculo Excel. Los resultados arrojados determinaron que la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes es positiva debido a que la finca se abastece de dos fuentes de aguas: el Río Monaycito y la Quebrada La Beticó, pertenecientes al municipio Pampán del Estado Trujillo, las cuales cuentan con bastante superficie, lo que garantiza un alto potencial hídrico.

Palabras Clave: evaluación, disponibilidad, recurso hídrico, planificación, captación, almacenamiento, agua, irrigación.

INTRODUCCION

Dada la circulación limitada de agua dulce, el mundo se halla ante una situación progresiva de escasez de recursos hídricos que está amenazando la viabilidad de los principales sistemas agrícolas mundiales en lo tocante a la protección de la seguridad alimentaria mundial. Reconciliar la competencia por el agua entre los sectores económicos es ahora fundamental a fin de evitar nuevos choques para el sistema mundial de suministro de alimentos y mantener los valores de los sistemas ambientales, que ya están sometidos a tensión. El agotamiento de las aguas freáticas, la degradación del suelo y la salinización generalizada de los suelos productivos ya está forzando migraciones desde las zonas afectadas por sequias.

En Venezuela, la planificación del manejo y gestión de los recursos hídricos se inicia hacia la década de los años 1950, y experimenta un desarrollo significativo en las décadas siguientes, debido principalmente al interés en incrementar la oferta, básicamente mediante el sistema de construcción de presas, embalses e infraestructuras de riego. Los aportes provenientes de la exportación del petróleo, en una situación de precios ventajosos, permitió que el estado hiciera fuertes inversiones en desarrollos de aprovechamiento hidráulico; algunos, aun hoy en día, no plenamente utilizados.

En el estado Trujillo al igual que en otras regiones tanto nacionales como internacionales, se han venido presentando una serie de eventos naturales que progresivamente han causado estragos en muchas unidades de producción agrícola, haciéndolas colapsar y por ende afectando la producción y la productividad de muchas zonas agrícolas y pecuarias.

La presente investigación permitió realizar una planificación en la captación y almacenamiento del recurso hídrico con fines de garantizar el

suministro de agua en la finca El Reto de la Universidad de Los Andes; a través del cual se diagnosticara las fuentes de agua existentes, así como la determinación de la oferta de agua, la planificación y diseño de infraestructura que garanticen el suministro de agua durante todo el año. Esta investigación se realizara en el sector la catalina, del municipio Pampán del estado Trujillo; la cual consistirá en estudiar las características de las fuentes de agua a través de un estudio minucioso que permitirá determinar datos para la posterior planificación de los recursos hídricos existentes.

Se efectúa una aportación de carácter teórico acerca del recurso hídrico con que cuenta la zona para su planificación y uso en la finca El Reto de la Universidad de Los Andes. Este aporte consta de puntos de información hídrica así como la delimitación de las fuentes y las características organolépticas del agua. El estudio de la fuente permitió determinar la cantidad de agua y la delimitación de la cuenca. La metodología de la investigación que se utilizo es de paradigma positivista cuantitativo, el tipo investigación descriptiva de campo y la técnica a utilizar es la observación estructurada y como instrumento una lista de cotejos. En cuanto al análisis e interpretación de los resultados se tiene la información general de la zona de estudio y todos los procedimientos realizados para el cumplimiento de cada uno de los objetivos propuestos.

Por último, la investigación que a continuación presentaremos estará estructurada de la siguiente manera: capítulo I, capítulo II, capítulo III, capítulo IV, capítulo V y las referencias bibliográficas.

bdigital.ula.ve

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. El problema.

El crecimiento demográfico y el cambio climático suponen una presión cada vez mayor sobre los recursos de tierras y aguas, especialmente en los países en desarrollo tal como lo señala la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO 1999), la cual menciona que el 52% de las tierras agrícolas y de pastoreo del mundo se ven ya afectadas por la degradación del suelo, mientras que el agotamiento de los recursos de aguas freáticas ha alcanzado niveles insostenibles en numerosas regiones. Dada la circulación limitada de agua dulce, el mundo se halla ante una situación progresiva de escasez de recursos hídricos que está amenazando la viabilidad de los principales sistemas agrícolas mundiales en lo referente a la protección de la seguridad alimentaria mundial. De tal manera, que reconciliar la competencia por el agua entre los sectores económicos es ahora fundamental, a fin de evitar nuevos choques para el sistema mundial de suministro de alimentos y mantener los valores de los sistemas ambientales, que ya están sometidos a tensión. El agotamiento de las aguas freáticas, la degradación del suelo y la salinización generalizada de los suelos productivos está forzando migraciones desde las zonas afectadas por sequías. Estos efectos, pueden considerarse los primeros indicadores de escasez de agua y de suelo en las economías rurales en todo el mundo, Gomella, (1973, p.7).

En concordancia con lo anterior, el autor señala que “desde épocas remotas la importancia y el carácter esencial del agua de manera confusa o clara, ha anidado siempre en la conciencia del hombre”; en ese sentido expresa, que el acrecentamiento de las necesidades del agua está en función directa con el aumento del bienestar, de bienes de producción y de consumo puestos a disposición del individuo; por otra parte, indica que las posibilidades de cultivo intensivo están vinculadas a la cantidad de agua disponible, por lo que debe asegurarse un mínimo de 1000 mm de caudal de agua.

América Latina está perdiendo aceleradamente su sustentabilidad hídrica; sólo basta salir de las ciudades para comprobar que los ríos se están convirtiendo en estercoleros por el mal manejo del recurso, advirtió el director del Tribunal Latinoamericano del Agua (TLA), Javier Bogantes Díaz, México, Perú y El Salvador, (16 de Octubre de 2007), añadió, que se está en una situación de estrés hídrico y si sus gobiernos no quieren pasar en pocos años de la alerta amarilla a la roja, tendrán que obligar a sus industrias a que cumplan las normas y reglamentos. “Salvar las diversas fuentes del líquido no sólo es una decisión política, sino de toda la gente”.

En el caso de Venezuela, la planificación del manejo y gestión de los recursos hídricos se inicia hacia la década de los años 1950, y experimenta un desarrollo significativo en las décadas siguientes, debido principalmente al interés en incrementar la oferta, básicamente mediante el sistema de construcción de presas, embalses e infraestructuras de riego. Los aportes provenientes de la exportación del petróleo, en una situación de precios ventajosos, permitió que el estado hiciera fuertes inversiones en desarrollos de aprovechamiento hidráulico; algunos, no plenamente utilizados. Andressen. (2004).

En tal sentido, los efectos del cambio climático sobre los recursos hídricos para uso consuntivo requieren ser analizados, junto con los efectos

directos e indirectos en los cultivos que incluyen: rendimientos agrícolas, pestes, enfermedades y cría de animales. Sobre estos aspectos, se ha hecho un importante progreso en diferentes regiones del mundo, pero muy poco en Venezuela.

En particular, en la región andina, específicamente en el estado Trujillo, se cuenta con gran cantidad de fuentes de agua que se considera pudieran garantizar el uso de este recurso para satisfacer el suministro a las unidades de producción y mantener la productividad; no obstante, es evidente como los ríos, quebradas, entre otras afluentes de agua dulce son utilizadas para lanzar residuos sólidos y aceites que van dañando sus condiciones organolépticas, lo que hace que tan esencial recurso hídrico para la vida humana sea contaminado a punto de estar en peligro de extinción.

Ahora bien, desde el punto de vista hidrográfico, el Estado Trujillo presenta dos grandes vertientes: la que drena al Lago de Maracaibo y la de los ríos que atraviesan los Llanos y luego son tributarios del río Orinoco; el río Motatán es el curso principal de la primera de estas dos vertientes, que se integran además con las cuencas menores de los ríos dependientes directos del Lago; la segunda está conformada principalmente por la cuenca alta del río Boconó.

En razón de ello, instituciones gubernamentales del estado, abordan la explotación y uso de este recurso mediante la captación del agua con fines de riego, con el propósito de garantizar la soberanía agroalimentaria del país. Por lo tanto, para evitar problemas de abastecimiento del vital líquido en aquellas zonas donde se pretenda realizar cualquier explotación agropecuaria, es obligatorio evaluar la disponibilidad de fuentes de agua a través de estudios que aseguren su existencia, cantidad y permanencia en el tiempo, ya sean estas superficiales o subterráneas que logren satisfacer las necesidades de demanda en las unidades de producción.

Por lo antes expuesto, vale la pena mencionar que tanto en el estado Trujillo, como en otras regiones nacionales e internacionales, se vienen presentando una serie de eventos naturales que progresivamente han causado estragos en muchas unidades de producción agrícola, haciéndolas colapsar y por ende afectando la productividad de muchas zonas agropecuarias. Tal es el caso de las lluvias acaecidas desde el año 2005 en las zonas medias y bajas del estado Trujillo, específicamente en los municipios Miranda, La Ceiba y Pampán, donde se han perdido inmensos volúmenes de producción de diferentes rubros, reflejando secuelas durante los años subsiguientes.

Estas situaciones que en muchos casos han sido recurrentes, revelan las debilidades de algunas obras de infraestructura rural que coadyuvan a garantizar el suministro de agua a las unidades de producción agrícolas y pecuarias. Principalmente, aquellas obras de captación que en el territorio trujillano se distinguen por su ingenio artesanal donde se dificulta la subsistencia.

Con relación a ello, uno de los casos más paradigmáticos en cuanto a las obras de captación construídas artesanalmente, lo representa la estación experimental Rafael Rangel (Finca el Reto) de la Universidad de Los Andes, la cual, a pesar de ser una finca destinada a la producción agrícola, no cuenta con una infraestructura hidráulica que garantice durante todo el año el agua para riego. Esto, a pesar de contar con un potencial de suelos aptos para la siembra de caña de azúcar, maíz, cítricos, entre otros cultivos de suma importancia para las prácticas profesionales y para la región.

En este contexto, se hace necesario plantear una mejor utilización de los recursos, de técnicas y tecnologías acordes con las fortalezas de este espacio universitario. Para ello, es conveniente estimar el uso consuntivo de la demanda de agua de los mismos. Sin embargo, para proporcionar el aprovechamiento de los recursos hídricos de que dispone la finca no existe

una adecuada planificación del vital líquido, el cual juega un papel determinante en el desarrollo sustentable de la agricultura y la ganadería de la estación experimental.

Por esta razón, se realizó un inventario del recurso hídrico que conllevó a definir un diagnóstico del área en estudio, con lo que se obtuvieron datos que permitieron determinar las limitaciones y potencialidades presentes, además se realizó una planificación y diseño de la obra de captación y de almacenamiento del agua.

1.2. Formulación del problema.

Tomando en cuenta la problemática, se plantearon las siguientes interrogantes:

¿Existe una evaluación del recurso hídrico que se puede utilizar para la planificación de actividades agropecuarias de estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes?

¿Cuáles son los recursos hidrológicos con que cuenta la estación experimental Rafael Rangel finca el Reto de la Universidad de Los Andes para su utilización y cuáles son sus límites geográficos para realizar la planificación?

¿Cuáles de las nacientes de agua satisfacen las demandas de la finca?

¿El agua presente en la zona reúne las condiciones organolépticas, fisicoquímicas y biológicas para el consumo de animales y riego de cultivos?

¿Qué obra hidráulica conviene diseñar según los resultados de oferta de agua, para la zona en estudio?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo General

Realizar una evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

1.3.2. Objetivos específicos

- Describir las cuencas hidrográficas y evaluar los recursos hídricos con que cuenta la estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes para realizar la planificación de los mismos.
- Determinar cuál de las fuentes de agua presentes en la zona cubren la demanda hídrica de la estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes.
- Conocer las características fisicoquímicas y biológicas realizadas por estudios anteriores del recurso hídrico presente, para constatar si este reúne las condiciones organolépticas necesarias para el consumo animal y el riego de cultivos.
- Elaborar los diseños de las obras hidráulicas convenientes para la captación y almacenamiento en la zona de estudio.

1.4. Justificación

Teniendo en cuenta que el agua es un recurso natural, que se debe proteger para garantizar el funcionamiento de los ecosistemas y la supervivencia de los seres vivos, es imperioso llevar a cabo estudios que vayan en función del aprovechamiento consciente del recurso hídrico y del desarrollo de una nueva visión que favorezca la convergencia de ideas y el diálogo de distintos organismos vinculados a la preservación y utilización de

tanpreciado líquido y demás ambientes. En este particular, la estación experimental “El Reto”, es una unidad de producción animal y vegetal donde se realizan actividades de investigación, extensión y académicas que se mantiene a través de autofinanciamiento del Núcleo Rafael Rangel; por lo tanto, se requiere cuantificar los recursos hídricos con que cuenta y así poder aprovechar al máximo el agua, además de contribuir al mejoramiento y rendimiento de la producción.

Pese a que se ha empleado tradicionalmente el análisis del impacto socio-económico para el manejo de los recursos hídricos, que ha permitido su aprovechamiento para diferentes actividades, estos no han sido planificados, con una inexistencia de la comprensión del valor del agua, empleando los criterios de proyectos para su aprovechamiento, y adicionalmente en ocasiones el desarrollo humano ha hecho que el suministro de éste sea escaso en ciertas localidades, elemento considerado en la economía como pérdida de uso de los recursos naturales; la no estimación, y falta de consideración de su valor e importancia en los proyectos de desarrollo tanto económicos como sociales, lo que trae consigo una subvaloración y un desequilibrio en los caudales de suministro de agua y de su calidad.

De allí, que el presente proyecto, se justifica y reviste de gran importancia por cuanto aporta información referente a las posibilidades de valoración del agua como bien y servicio ambiental; en vista de que este tipo de estudios sirven de base para la creación de estructuras complejas para la gestión de cuencas hidrográficas, en vista de que el Estado Trujillo, cuenta con recursos naturales diversos, que coexisten con el desarrollo económico y social, y la abundancia del recurso hídrico.

Se pretende de igual manera, efectuar un aporte de carácter teórico acerca del recurso hídrico con que cuenta la zona, para su planificación y uso en la finca El Reto de la Universidad de Los Andes. Esta asistencia

profesional, consta tanto de puntos de información hídrica así como de la delimitación de las fuentes y las características organolépticas del agua, lo cual permitirá realizar una mejor planificación y uso de los recursos hídricos de los cuales se dispone.

En efecto, para preservar los espacios agro-productivos de esta unidad de producción, se plantea la necesidad de realizar una debida planificación de los recursos hídricos con los que se cuenta. En este contexto, las cuencas hidrográficas como reguladoras del debido equilibrio hidrológico, desempeñan un papel fundamental en la conservación de técnicas aprovechables para el desarrollo socio-económico de esta zona que posee grandes potencialidades agrícolas y pecuarias.

Es por esto, que se hace necesario el debido estudio de los recursos hídricos con los que cuenta la zona en particular, para que a partir de allí, se pueda realizar una relación que garantice un horizonte de planificación sustentable y sostenible en el tiempo, siempre mediante el debido equilibrio hombre-naturaleza; pues el desarrollo económico de una zona agrícola, depende de la producción animal y vegetal. Con la presente investigación, se pretende mantener la producción y aumentar la productividad durante todo el año, fortaleciendo una serie de proyectos que actualmente se desarrollan en la finca El Reto; lo cual va a garantizar el mejoramiento de la rentabilidad económica de la finca, así como la estabilidad laboral de los trabajadores, lo que redundará en el incremento de fuentes de empleo directo e indirecto.

En lo social, el mejoramiento de la infraestructura de apoyo a la producción, permitirá mejorar los índices productivos y por ende la calidad y el nivel de vida de los trabajadores que laboran en la unidad de producción, repercutiendo a su vez en el desarrollo sustentable de la población donde moran estas personas. Sin duda, el elemento más importante para el sostenimiento de un proyecto de desarrollo agrícola y pecuario, es el riego;

por tanto, el agua es pues, factor indispensable para el desarrollo de las plantas que producen el alimento de consumo humano y animal.

En lo cultural, se conservará la tradición de cultivos propios de la zona que requieren del agua para riego y consumo durante todo el año. Por tanto, se incorporarán al conocimiento empírico de los trabajadores de la finca, técnicas y tecnologías, acordes con las realidades culturales de la zona en estudio, las cuales se podrían convertir en vitrinas tecnológicas que se replicarían en otras unidades de producción con condiciones físico naturales similares.

En lo geográfico, se estudiaron las unidades morfológicas de la cuenca de esta zona, enfatizando en las formas geomorfológicamente superficiales de la tierra que captan y concentran la oferta hídrica que proviene de las precipitaciones y la cual se distribuye luego en diferentes flujos hídricos. El agua constituye la fuente principal para la vida, por lo que resulta fundamental evaluar las condiciones hidrológicas de una zona donde se pretenda desarrollar cualquier tipo de construcción con fines de alojamiento humano, animal y cualquier otro elemento que requiera de agua para su funcionamiento.

1.5. Delimitaciones

Esta investigación se realizó en la unidad de producción finca El Reto que se encuentra ubicada en el sector La Catalina, Parroquia La Paz, Municipio Pampán, entre los paralelos 9°35'00" de latitud norte y entre los meridianos 70°31'39". El punto de referencia para el acceso a la finca es el centro poblado Monay, siguiendo la L002 al punto de intersección con la subramal 32, atravesando las comunidades Las Cocuizas y El Macoyal, con un recorrido desde Monay de 8 km en vía pavimentada y 2 km en vía sin pavimentar. El período en que se llevará a cabo la presente investigación es desde septiembre del 2012 hasta febrero del año 2013.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo se dará a conocer los antecedentes y bases teóricas de la investigación. Asimismo, se realizó una revisión bibliográfica con relación a la capacitación para conformar los antecedentes que soporta la estructura del presente trabajo, dentro de estas revisiones se incluyó información tomada en gran parte de los trabajos de investigación que se han realizado en la estación experimental Rafael Rangel de la finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

2.1. Antecedentes de la investigación.

Del trabajo de Vásquez y González (1993) titulado selección y diseño de sistemas de riego para la unidad de producción agropecuaria UPAULA, Monay estado Trujillo se utilizó la metodología para la estimación de las demandas de agua propuesta por la FAO (1990), bajo los conceptos de evapotranspiración del cultivo de referencia y las curvas de demanda para cada cultivo y etapa de desarrollo, la metodología empleada por el laboratorio de Salinidad del departamento de agricultura de los Estados Unidos (Riverside, California) formulada por Richards (1954) para determinar la calidad de agua superficial con fines de riego y por último se utilizará el modelo de Simulación Hidrológico (CIDIAT, 1988) para la estimación del agua superficial del río Monaycito.

La conclusión a la que ellos llegaron es que el caudal que dispondrían para el desarrollo del sistema de riego es de 100 litros por segundo, lo que no es suficiente para cubrir la demanda en el área de riego seleccionada por ellos.

En la investigación realizada por Maldonado (1998) titulada diseño preliminar de una obra de captación y un canal de derivación en el río Monaycito para la finca El Reto de la ULA-NURR en la localidad de Monay Parroquia la Paz, Municipio Pampán Estado Trujillo se tomó la metodología propuesta por la FAO (1990), bajo los conceptos de evapotranspiración del cultivo de referencia y las curvas de demanda de cada cultivo y etapa de desarrollo; así como también el estudio hidrológico que permite estimar el caudal de la fuente de agua en estudio.

Por otra parte de Calles (2004) en su trabajo titulado Diseño de un sistema de Riego por Superficie en la Finca El Reto, se tomará la metodología planteada por Carlos Grassi en su libro de Diseño y Operaciones de Riego (2001).

Castro y Araujo (2008) titularon su trabajo de grado diseño de una línea de aducción con fines de riego para el lote "B" de la finca "El Reto", ubicada en la parroquia la Paz, municipio Pampan del estado Trujillo, se tomó la metodología propuesta por la FAO (1990), bajo los conceptos de evapotranspiración del cultivo de referencia y las curvas de demanda de cada cultivo y etapa de desarrollo; así como también el estudio hidrológico que permite estimar el caudal de la fuente de agua en estudio. Cabe destacar que otros trabajos de investigación realizados en la estación experimental El Reto, utilizaron los mismos resultados obtenidos por Castro y Araujo. Entre ellos tenemos Barreto (2008), Peña (2009) y Conquet y Terán (2012).

Por otra parte los estudiantes de centros poblados y paisajismo rural (semestre A-2012), realizaron un aforo antes de la toma del caudal que abastece el riego de la finca utilizando el método directo área velocidad; este método consiste básicamente en medir en un área transversal de la corriente, previamente determinada, las velocidades de flujo con las cuales se puede obtener luego el caudal. Realizaron 3 tomas de datos con los que

calcularon el caudal y el promedio obtenido fue la cantidad de 1063 L/s o 1,063 m³/s.

Este mismo grupo de estudiantes tomó los datos que le permitieron calcular el caudal del canal principal que lleva el agua hasta los potreros y los tablones de la caña de azúcar, para ello utilizaron la metodología de la ecuaciones de Manning para así obtener resultados confiables, el resultado fue de 0,104 m³/s o 104 L/s, de igual manera midieron el caudal de la quebrada la Beticó, después de la toma de captación al canal principal, utilizando la ecuación de Manning, el caudal obtenido fue de 0,947 m³/s o 947 L/s; por otra parte midieron el caudal de agua neta en la entrada y salida para los pastos el cual resultó ser de 0,062 m³/s para la entrada y 0,039 m³/s en la salida; el método utilizado fue área velocidad, con este mismo método calcularon el caudal que entra para regar la caña arrojando el valor de 0,0275 m³/s.

Otros datos de aforos fueron suministrados por el ministerio del ambiente de Trujillo, quienes realizaron la medición de caudal en diferentes sitios de la cuenca del río Monaycito y de la quebrada La Beticó tal como se muestra en el Apéndice C, el menor caudal arrojado en el río Monaycito fue de 0,696 m³/s y la quebrada La Beticó 0,034 m³/s.

Uzcátegui (2005) en su trabajo especial de grado tenía como objetivo el diseño de una obra de captación, conducción y almacenamiento del sistema de riego "Santiago" ubicado en el municipio Urdaneta del Estado Trujillo; de este trabajo se usó como referencia, la metodología seguida para el diseño de las obras de toma y almacenamiento.

De González (2007) en su propuesta sobre la planificación física de la estación experimental "El Reto" mediante Sistemas de Información Geográficos (SIG) se tomó como aporte los mapas elaborados mediante el SIG que muestran que la pendiente topográfica y la disponibilidad de agua son variables que deben tomarse en cuenta en un proyecto de planificación.

2. 2. Bases teóricas.

En esta parte se menciona una serie de definiciones necesarias para la elaboración de esta investigación, que permiten orientar lo que se quiere hacer con los recursos hídricos de dicha unidad de producción.

2.2.1. Planificación.

Históricamente la planificación nace en la sociedad soviética al surgir la ley de las justas proporciones que sirve de basamento; Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas (U.R.S.S) la cual debe sobrevivir a las duras condiciones internas y la inflación a la que fue sometida. Durante el período de la Post Guerra, surgió con mucha relevancia la planificación, la cual fue aplicada en los países Europeos en un programa con fines de recuperación en 1948, a grandes rasgos estos programas fueron los aspectos que caracterizaron la planificación en Europa. Finol, L., & Falcón, R. (1996).

Para América Latina, se empezó a hablar de planificación más o menos a partir de la década de los cincuenta, después de la Segunda Guerra Mundial. Para ese entonces, se conocía como una disciplina muy vinculada a la economía; sin embargo, mas adelante comenzó a utilizarse en otros ámbitos. Finol, L., & Falcón, R. (1996).

Los autores antes mencionados, señalan que la planificación por así decirlo antes que a la economía responde también a una lógica militar y las primeras prácticas desde muchos tiempos atrás tuvo que ver con estrategias y políticas de guerra. Del mismo modo, citan a Giordani (1979), que describe la planificación como una metodología para la escogencia de alternativas y a Ortega (1979), quien dice que la planificación es la previsión de un futuro deseado.

Además de eso Finol, L., & Falcón, R. (1996), se preguntan ¿qué es planificar? Planificar es construir el futuro en función de las decisiones del presente. En consecuencia, la planificación se refiere a la acción en el presente, no al pasado ni al futuro, sobre todo porque resulta imposible saber que es lo que va pasar mañana. En todo caso los planificadores, más que adivinos son previsores, al determinar el o los caminos posibles para llegar a un objetivo. En otras palabras, tratan de prever alternativas que reduzcan el espacio de lo ilimitado posible.

Finol, L., & Falcón, R. (1996), conceptualizan a la planificación como una ubicación en la reflexión acerca de los cálculos cuantitativos y cualitativos que prevemos para el futuro, con la intención de prevenirlo o modificarlo. En este sentido, ellos opinan que la planificación es una actividad que pretende: 1 precisar objetivos coherentes y prioridades de desarrollo económico y social; 2 determinar los medios apropiados para alcanzar tales objetivos; 3 poner efectivamente en ejecución dichos medios, con mira a la realización de objetivos propuestos.

COPLANARH (1972) citado por Maldonado (1998) expone la importancia de la planificación para el aprovechamiento de los recursos hidráulicos para la agricultura, ya que constituye una de las actividades que potencialmente consume mayores volúmenes de agua; que sólo puede utilizarlos a bajos costos. El uso del agua en la agricultura, a los efectos del plan se puede identificar con la aplicación del agua para el riego. En efecto, el consumo de agua para la agricultura bajo lluvias y de regadío no tiene que ser abastecido por las disponibilidades del recurso, porque dicho consumo está incluido en la fase de evapotranspiración del ciclo hidrológico.

Investigaciones realizadas en monografías (en línea), describen a la planificación como un proceso de toma de decisiones que implica además un proceso de previsión (anticipación), visualización (representación del futuro deseado) y de predeterminación (tomar acciones para lograr el concepto de

adivinar el futuro). Todo plan tiene tres características: primero, debe referirse al futuro; segundo, debe indicar acciones; y tercero, existe un elemento de casualidad personal u organizacional.

En ese orden de ideas la planificación nos permite tener un futuro seguro si se hace uso eficiente del recurso con que se cuenta en el presente; de modo que planificar consiste en prever acciones del futuro para asegurar la productividad y así asegurar la estabilidad económica.

2.2.2. Planificación de recursos hídricos o cuenca hidrográfica.

En la planificación de recursos hídricos el objetivo es proporcionar alternativas al encargado de tomar decisiones para el uso de los recursos de agua y tierra de la cuenca donde el balance de la relación agua-demanda son determinantes para la toma de decisiones, pero teniendo presente que el manejo de cuencas involucra un conjunto de acciones separadas, pero fuertemente interrelacionadas, en las cuales debe verse como un sistema de planificación para el manejo e implementación de herramientas que conserven su estabilidad y su normal funcionamiento, por lo que la planificación no debe ser un paso separado de las microcuencas y sobre todo no debe ser temporalmente distante de la etapa de implementación, si no que ambas deben actuar sistémicamente donde la información ganada durante la implementación (monitoreo y evaluación) retroalimente de manera adecuada el proceso de planificación. Razury, L., Rosales, J., & Hernández, J. (2009)

En ese sentido los autores antes mencionados hacen referencia a que la planificación y manejo de los recursos hídricos deben realizarse en conjunto a un equipo interdisciplinario donde incluyen: aspectos legales, de ingeniería, ecológicos, economistas, políticos, de salud pública, entre otros, con el fin de no comprometer a las generaciones futuras.

2.2.3. Recursos hídricos

Según Ruiz (2001) el ciclo hidrológico es a menudo el concepto central de la ciencia hidrológica. Aunque su explicación es parte de temas básicos de diferentes materias. Es útil repasar sus procesos y almacenajes más significativos.

El mismo autor, opina que este ciclo puede visualizarse como el conjunto de los diferentes caminos a través de los cuales circula el agua en la naturaleza, experimentando transformaciones a través de sus tres fases: líquida, gaseosa, sólida. Estos caminos penetran las tres capas del sistema terráqueo total: la atmósfera, la hidrósfera y la litósfera y aún más, pasa a ser parte constitutiva de una unidad funcional general comprendida dentro de las capas anteriores y que la ciencia ambiental moderna ha venido definiendo como biósfera.

Además, expresa que el ciclo hidrológico es un proceso continuo, simultáneo e interminable que es activado por medio de la energía solar y por fuerzas planetarias. La radiación solar aporta la energía para evaporar el agua. La aceleración de gravedad terrestre y la fuerza desviadora de la rotación de la Tierra, juega un papel importante en el desplazamiento de las masas de aire. Así mismo, los cambios gravitacionales ocasionados por el sol y la luna influyen sobre los mares y corrientes marinas que son transportadoras de energía de los trópicos hacia los polos o viceversa. También, es de hacer notar la influencia ejercida por las grandes tormentas solares y la actividad periódica de las manchas solares en el campo magnético terrestre.

En el ciclo hidrológico intervienen procesos interrelacionados de evaporación, condensación, precipitación, interceptación, evapotranspiración, infiltración, percolación, aforamiento, almacenamiento y escurrimiento.

2.2.3.1. Recurso agua.

El estudio de las características físicas y químicas de las aguas destinadas al riego es de gran interés, por cuanto permite evaluar las condiciones en las cuales se encuentra dicha agua, para poder determinar si es adecuada para el uso que se le pretende dar; es decir, si causará problemas tanto al cultivo como al suelo donde se piensa utilizar.

2.2.3.2. La hidrología.

Ruiz (2001) y CHOW (1964) la definieron en la forma más amplia como la ciencia que trata del agua en todas sus fases y su geografía; sin embargo, la hidrología no es realmente una ciencia pura debido a que tiene muchas aplicaciones prácticas, principalmente en el campo de hidráulica, sanitaria, agricultura, recursos hídricos y otras ramas de la ingeniería.

Tomando en cuenta estas consideraciones, una definición apropiada de hidrología según Guevara et al (1991), la hidrología es una ciencia que trata las propiedades, la distribución y la circulación del agua; especialmente, el estudio del agua sobre la superficie del terreno, en el sub-suelo, las rocas subyacentes y en la atmósfera. El dominio de la hidrología abarca completamente la historia del agua sobre la Tierra.

En nuestro caso es útil conocer además, lo que se entiende por hidrología aplicada y más específicamente aplicada a problemas agrícolas, se entiende así que es la rama de la hidrología pertinente con la planificación, diseño y la operación de proyectos para el control y uso del agua con fines agrícolas.

La hidrología como ciencia está ligada a la vida económica del hombre. Los diversos fenómenos que ocurren sobre la Tierra causados por los agentes naturales y entre ellos el agua, pueden reducirse en sus proporciones mediante la aplicación de la hidrología, sobre todo en cuanto se refiere a sistema de riego, abastecimiento de poblaciones, drenajes,

navegación, entre otros. La economía en los diseños está relacionada directamente con la juiciosa aplicación de la hidrología, es decir con el buen criterio que el ingeniero haga de esta ciencia.

2.2.3.3. Cuencas hidrográficas.

Brooks (1985) citado por Romero (1972) define a las cuencas hidrográficas como la unidad territorial natural que capta la precipitación, y es por donde transita el escurrimiento hasta un punto de salida en el cauce principal; o sea, es un área delimitada por una divisoria topográfica denominada parte-agua que drena a un cauce común, es un territorio definido por la línea divisoria de las aguas en la cual se desarrolla un sistema hídrico superficial, formando una red de cursos de agua que concentran caudales hasta formar un río principal que lleva sus aguas a un lago o mar.

En ese sentido, el autor antes mencionado precisa que físicamente, la cuenca representa una fuente natural de captación y concentración de agua superficial y por lo tanto tiene una connotación esencialmente volumétrica e hidrológica. Al mismo tiempo, la cuenca y sobre todo el agua captada por la misma, es una fuente de vida para el hombre aunque también de riesgo cuando ocurren fenómenos naturales extremos como sequías o inundaciones o cuando el agua se contamina.

2.2.3.4. Fuentes de agua.

Para Romero (1972) la calidad y cantidad de agua es procedente de aguas superficiales y subterráneas, las dos fuentes principales de agua experimentan la influencia de la geografía, el clima y las actividades humanas. Las aguas subterráneas normalmente se pueden utilizar con poco o ningún tratamiento. El agua superficial, por otra parte, suele utilizar tratamientos extensos en especial si está contaminada.

El agua dulce que se utiliza según el autor antes mencionado, proviene de dos fuentes: agua superficial y agua subterránea (mantos freáticos). Al agua de la precipitación que no se infiltra en el suelo o que regresa a la atmósfera, por evaporación o transpiración, se conoce como agua superficial. Esta es el agua dulce que se encuentra sobre la superficie del planeta Tierra en ríos, lagos, pantanos y rebalses o depósitos artificiales. Las cuencas hidrológicas o colectoras, también llamadas cuencas de captación, son aquellas áreas de tierra que captan y llevan el agua de escurrimiento hasta las denominadas masas de aguas superficiales.

Así mismo el agua que fluye por la superficie de la Tierra hasta los cuerpos o masas de agua en la superficie se le conoce como escurrimiento superficial, y el agua que fluye por los ríos hasta los océanos se le denomina escurrimiento fluvial. Se considera que el 69 % del agua que llega a los ríos en toda la Tierra proviene de la lluvia, y el agua restante proviene de descargas de agua subterránea. Las cuencas fluviales, alimentadas en gran parte por la lluvia, ocupan el 60 % del área de tierra firme y sustentan al 90 % de la población.

Además, considera que la deforestación puede causar cambios significativos en los patrones estacionales de los escurrimientos fluviales. Esto puede dar por resultado mayores tasas de escurrimiento superficial e inundaciones en temporada de lluvias, así como una gran probabilidad de ríos sin agua en temporadas secas.

2.2.3.5. Hidrología de las aguas superficiales.

Según Romero (1972) la cantidad o calidad del agua superficial depende de donde se realice la captación y para ello es importante comprender los procesos que crean las aguas superficiales (ríos, arroyos, lagos y similares), el agua superficial se surte de tormentas de lluvia (o nieve) que se generan de las aguas de escorrentía y del agua subterránea que

vienen en ella. La lluvia puede infiltrarse en el terreno, ser captada por la vegetación (captación inicial) u originar el agua de escorrentía. La lluvia puede, por tanto, evaporarse desde el suelo y cursos o masas de agua, transpirar a través de la vegetación, pasar al agua subterránea y originar el agua superficial, la lluvia que se infiltra en el subsuelo y se convierte en agua subterránea aflora en cualquier otro lugar a la superficie; en este caso, el agua superficial se denomina “Cause -Receptor” y la corriente de agua subterránea “Caudal freático”

2.2.3.6. Disponibilidad de agua

Según Arocha, S. (1978) citado por Torres (2010) las fuentes de abastecimiento de agua acorde de cómo sea su aprovechamiento, indica a las aguas superficiales y subterráneas. Señalando así: Las aguas superficiales constituidas por ríos, quebradas y lagos y para su utilización requieren información detallada y completa que permita visualizar su estado sanitario, caudales disponibles y calidad de agua. Al considerar fuentes superficiales, se debe verificar la posibilidad de suministro constante, bien sea porque los aforos mínimos representan valores superiores a la demanda o bien sea porque sea factible establecer una regulación de sus gastos de forma que el período de crecidas permitan almacenar volúmenes compensatorios de la demanda en la época de sequía.

Grassi (1981) afirma que la disponibilidad de agua para la finca debe ser estudiada con relación al tipo de abastecimiento, cantidad, calidad, oportunidad y derechos de uso. En ese sentido, menciona tres tipos de abastecimiento: superficiales, subterráneos y mixtos. Por otra parte, señala que la calidad de agua es otro aspecto importante, siendo este factor importante a considerar a los fines de operación y manejo del riego en la finca. En términos generales, los recursos hídricos superficiales presentan menor problema de sales solubles que las provenientes subterráneamente.

Apenas el agua disponible en los sistemas de riego tiene un nivel salino perjudicial para los cultivos, excepto para aquellos considerados sensibles a la salinidad.

El recurso agua es uno de los factores de mayor importancia que debe ser considerado en la realización de un proyecto, ya que es un indicador de la disponibilidad de agua; en este caso de la estación experimental Rafael Rangel de la finca El Reto que además de las precipitaciones que caen durante el año, cuenta con dos fuentes de agua superficial que son: el río Monaycito y la quebrada La Beticó, en las cuales se han realizado estudios de cantidad de agua por diferentes autores; por lo que cuenta con registros de caudales que permiten realizar un análisis adecuado del recurso disponible en la quebrada La Beticó así como en el río Monaycito; además, se dispone de una laguna que según el representante de la finca (Johny Humbria) tiene una capacidad de 8000 litros en la finca El Reto, cuya toma de agua proviene de la quebrada La Beticó, quedando como fuente alternativa la del río Monaycito.

Vázquez y Gonzales (1993) con los parámetros obtenidos a través de calibración del modelo de simulación hidrológico a nivel mensual, procedieron a la generación de caudales en el sitio de toma ubicado en la cota 270 m.s.n.m, sobre el cauce del río Monaycito; para la estimación de escorrentía tomaron los registros de precipitación de tres estaciones para un período de 10 años (1957-1966); las estaciones seleccionadas fueron Guamas de Monay, Santa Ana y Pampán. En el (apéndice A), se muestran resultados de estimación de caudales.

Ellos realizaron una curva de duración de caudales con la cual obtuvieron el caudal medio para el punto de toma de interés, considerando su probabilidad de ocurrencia del 90%, obtuvieron un caudal de 0.53m^3 lo que indica que podían contar con un caudal igual o mayor a 530 L/s, el 90% en ese año (1993) según la tabla de caudales simulados se observa que los

meses de estiaje son: enero, febrero y marzo comprobando así que los valores más bajos están alrededor de $0,5\text{m}^3/\text{s}$, cabe destacar que tomaron valores de escorrentía cuando la cuenca tenía mayor cobertura y menor intervención.

Castro, A. (2008) aforó la quebrada La Beticó y el río Monaycito para tales fines, utilizando el método indirecto de mediciones de caudales con molinete.

El Centro de Ecología (ULA-NURR) procedió a realizar los aforos en época de estiaje (01/04/2008), los resultados se muestran en la Tabla 2.1.

Tabla 2.1. Aforo Estación Experimental “El Reto”

Sitio	Caudal(m^3/s)	Altitud (m.s.n.m)	Observaciones
Río Monaycito (1)	2,24	245	Aforos realizados
Río Monaycito (2)	2,41	240	antes (1) y
Quebrada la Bético	0,38	250	después

Fuente: Castro, A. (2008)

2.2.4. Calidad del agua

De acuerdo al uso que se le dará al agua, son los requisitos de calidad de la misma. Por lo común la calidad se juzga como el grado en el cual se ajusta a los estándares físicos, químicos y biológicos fijados por normas nacionales e internacionales. Es importante conocer los requisitos de calidad para cada uso a fin de determinar si se requiere tratamiento y qué procesos se deben aplicar para alcanzar la calidad deseada. Los estándares de calidad también se usan para vigilar los procesos de tratamiento y corregirlos.

Según Suarez (2008) la calidad de agua para riego está determinada por la cantidad y tipo de sales que la constituyen. El agua de riego puede crear o corregir suelos salinos o alcalinos. La concentración de sales de agua en el riego reduce el agua disponible para el cultivo; es decir, la planta debe ejercer mayor esfuerzo para poder absorber el agua; puede llegar incluso a sufrir estrés fisiológico por deshidratación, afectando esto su crecimiento.

Dependiendo de la clase de sal disuelta, éstas alteran y modifican el desarrollo de la estructura del suelo, lo cual reduce su infiltración. El análisis químico del agua se utiliza básicamente con dos propósitos: el primero es determinar la cantidad de ésta para el riego y la tolerancia de los cultivos; y el segundo, es establecer la calidad para fertirrigación.

Tanto para consumo humano como para riego es necesario considerar la importancia de la calidad del agua, ya que el estudio de las características físicas, químicas y microbiológicas es de gran interés, permitiendo evaluar las condiciones en las cuales se encuentra, y así poder determinar si es adecuado el uso que se le pretende dar.

Teniendo en cuenta lo descrito anteriormente a continuación se presentan los resultados obtenidos de los estudios de agua realizados en trabajos anteriores en la finca El Reto.

Vázquez y Gonzales (1993) consideran que la toma de muestra para el análisis de sedimentos y calidad del agua para riego y consumo humano es una actividad delicada que debe ser llevada con el mayor cuidado, ya que esto condiciona los resultados analíticos y su interpretación. Dichos autores tomaron las muestras en el río Monaycito y en la quebrada La Beticó. Por otra parte los análisis fisicoquímicos y microbiológicos de dichas muestras para determinar la calidad del agua fueron realizados en el Laboratorio del Centro de Investigaciones Lácteas “Rafael Rangel” (CILARR), (Apéndice A). Los resultados obtenidos determinaron que son aptas para riego, mas no para consumo humano.

Yépez y Bencomo (2004) tomaron muestras de agua del río Monaycito y las llevaron al laboratorio de HIDROANDES Valera con la finalidad de conocer las características físico-químicas así como bacteriológicas, la conclusión a la que llegó HIDROANDES fue: los resultados obtenidos fueron comparados con los establecidos en la gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, de agua potable, de uso domestico e industrial, según las normas sanitarias de calidad. Y por los valores obtenidos de las muestras analizadas, son aguas que desde el punto sanitario, contienen coliformes totales y fecales, fuera de la norma por lo tanto no son aptas para el consumo humano o industrial. Ya que no cumplen con los requisitos, del capítulo II de los aspectos microbiológicos.

Calles (2004) tomó como referencia un estudio realizado por Caraballo (1999), el cual determinó las características físico-químicas (Apéndice A) en los nueve pozos de aguas ubicados en la finca El Reto, llegando a la conclusión de que los pozos 1, 2, 3, 4, 5 y 12 son de alto riesgo para ser utilizados en ciertos cultivos, considerando los que demás pozos y cuerpos de agua (quebrada La Beticó) son de buena calidad para riego.

Castro, A. (2008) tomó un litro de agua como muestra y lo llevó al Laboratorio de Química Ambiental del NURR-ULA para el posterior análisis físico-químico. Los resultados se muestran en (Apéndice A). Dichos resultados indican que el agua es de buena calidad para cualquier tipo de suelo y planta, desde el punto de vista fisicoquímico, dicha muestra fue tomada directamente sobre la fuente.

Además hace una recomendación, “mientras más pronto se analice el agua después de tomada la muestra, más seguro serán los datos que se obtengan, para así evitar algunos cambios químicos o biológicos que puedan alterar la composición de la muestra se deben mantener en refrigeración a 5 °C por no más de 4 días, y que al tiempo de muestrear se debe poner una etiqueta descriptiva y de identificación (colector, fecha, nombre del

propietario, si es de agua de manantial, corriente, lago, pozo, lugar, uso, riego, industrial, potable, municipal)”.

El estudio físico químico más reciente fue el realizado por Conquet y Terán (2012), en la quebrada La Beticó, los resultados se muestran en la Tabla 2.2.

Tabla 2.2. Análisis físico químico del agua.

Parámetros	Método	1	2	3	4	Unid	Valores máximo (M.A)
Ph	potenciómetro	7,56	8,84	7,57	6,73	U/pH	06-09
conductividad eléctrica (C.E)	Conduvimétrico	13,5	12,4	13,5	15,4	uS/cm	2000
Temperatura (°C)	termométrico	25	25	25	25	°C	-
Dureza Total (CaCO ₃)	Titulación	20	25	18	12	mg/L	500
Alcalinidad total (CaCO ₃)	Titulación	50	35	23	50	mg/L	500
Calcio total (Ca ⁺²)	Titulación	15	19	13	8	mg/L	200
Magnesio total (Mg ⁺²)	Titulación	5	6	5	4	mg/L	70
Sólidos totales	Evaporación-secado	10	18	10	30	mg/L	1500
Sólidos Suspendidos	filtración-secado	1	1	1	1	mg/L	80
Cloruro (CL ⁻)	Titulación	1	1	1	1	mg/L	300
sulfatos (SO ₄ ⁻²)	colorímetro	10	10	10	10	mg/L	500
Nitrógeno total (N)	Kjeldahl	5	4	4	8	mg/L	40
Fosforo total (P)	Colorimétrico	0,25	0,11	0,29	0,38	ml/L	10
Potasio total (K)	colorimétrico	1	0,5	1,4	2	mg/L	20
Olor	Manual	poco	poco	poco	poco	-	-

Fuente: Conquet y Terán (2012)

2.2.5. Demandas de agua por los cultivos

La vida de las plantas tiene lugar en un medio acuoso, siendo el agua esencial para la integridad estructural de todas las moléculas biológicas. Con respecto a esto, puede señalarse que para crear 1 Kg de materia seca vegetal bastan unas decenas de gramos de los 3 macro-nutrientes

esenciales (N, P y K), pero se necesita 1 Ton ó posiblemente más de agua para que se efectúe dicha síntesis.

Con respecto a las demandas de agua por los cultivos, Guevara, E. (1990) señala que conocer el índice de consumo de agua para los cultivos y las propiedades de retención de agua es fundamental para el diseño de suministro de agua y para la programación del proyecto de riego. El modo de uso de agua por los cultivos, determina altamente la capacidad de los canales y tuberías, el almacenamiento y el bombeo del sistema, si fuera el caso.

Según Grassi (1981) el agua que consumen los cultivos puede ser medida o estimada. Los procedimientos directos de medida pueden ser laboriosos y caros, por lo que, a los fines de programación y proyecto del riego se emplean más comúnmente los métodos que estiman el uso consuntivo o evapotranspiración.

2.2.6. Recurso suelo

Constituye la unidad fundamental a considerar en la elaboración de proyectos agropecuarios; en la estación experimental Rafael Rangel finca El Reto han efectuado diferentes trabajos de investigación donde se han realizado análisis de suelos, por lo tanto, se cuenta con información suficiente de las características físicas y químicas del mismo. Algunos de los autores que han realizados estudios de suelo en dicha estación experimental son: Vásquez y González (1993), Calles (2004), Yépez y Bencomo (2004), Castro (2008) y Peña (2009). Ellos determinaron información acerca de textura, densidad aparente, ph, conductividad eléctrica, capacidad de campo y punto de marchitez permanente; un último estudio lo realizaron Conquet y Terán (2012), donde a diferencia de los demás autores estos no realizaron estudios de capacidad de campo y punto de marchitez permanente.

Para la toma de las muestras los autores antes mencionados consideraron las siguientes características geomorfológicas: topografía del terreno, cultivo presente, color y apreciación textural del suelo y la toma de las muestras las realizaron con un barreno en forma de zig-zag, a profundidades de 0-30 cm y 30-60 cm. A excepción de Conquet y Terán (2012) que tomaron las muestras a profundidades de 0-20 cm; dichas muestras fueron procesadas y analizadas en el laboratorio de servicio de análisis de suelo del NURR ULA. En lo que respecta a las características estudiadas por dichos autores a continuación se presenta una breve descripción teórica además de los resultados obtenidos de cada una.

2.2.6.1. Textura

Según Casanova (2005) la textura del suelo es su proporción de arena, limo y arcilla y generalmente es una propiedad física estática, es decir, no cambia durante el período de crecimiento del cultivo o inclusive por varios años. Su conocimiento proporciona información general sobre la capacidad de retención de humedad y de nutrientes en el suelo, condiciones de infiltración, permeabilidad, aireación de raíces y facilidad de laboreo del suelo.

Los resultados de porcentajes de las fracciones de arena, limos y arcillas se presentan en la Tabla 2.3, los cuales indican que la zona en estudio presenta textura: franco arenoso (F.a), franco F y franco limoso (F.L) tal como se aprecia en la Figura 1.

2.2.6.2. Reacción del suelo (pH)

Es la forma de medición que se utiliza para saber el grado de alcalinidad o acidez del suelo, que se indica en función de la concentración de iones de hidrógeno que posee. Para la determinación del pH, utilizaron un instrumento denominado peachímetro de electrodos combinados (método

potenciométrico), previamente calibrado. Los resultados se presentan en la Tabla 2.3 del análisis de suelos donde se observan valores de pH que varían entre 7.4-8.1, indicándose que estos suelos pueden clasificarse como ligeramente alcalinos a medianamente alcalinos.

2.2.6.3. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una forma de expresar la cantidad de sales disueltas en una solución de suelo. La cantidad de sales se mide por medio de conductímetros, que son aparatos que detectan la mayor o menor facilidad con que una corriente eléctrica pasa a través de una solución de suelo o agua, (a mayor cantidad de sales mayor facilidad de paso y más altos son los valores de conductividad).

Según el análisis obtenido, los suelos de la zona presentan valores de conductividad eléctrica que van de 0.2 a 0.94 ds/m, lo que demuestra que estos suelos pueden clasificarse como normales, pues no presentan problemas de sales. Los resultados se presentan en la Tabla 2.3.

Tipo de textura del suelo de la estación experimental finca el Reto

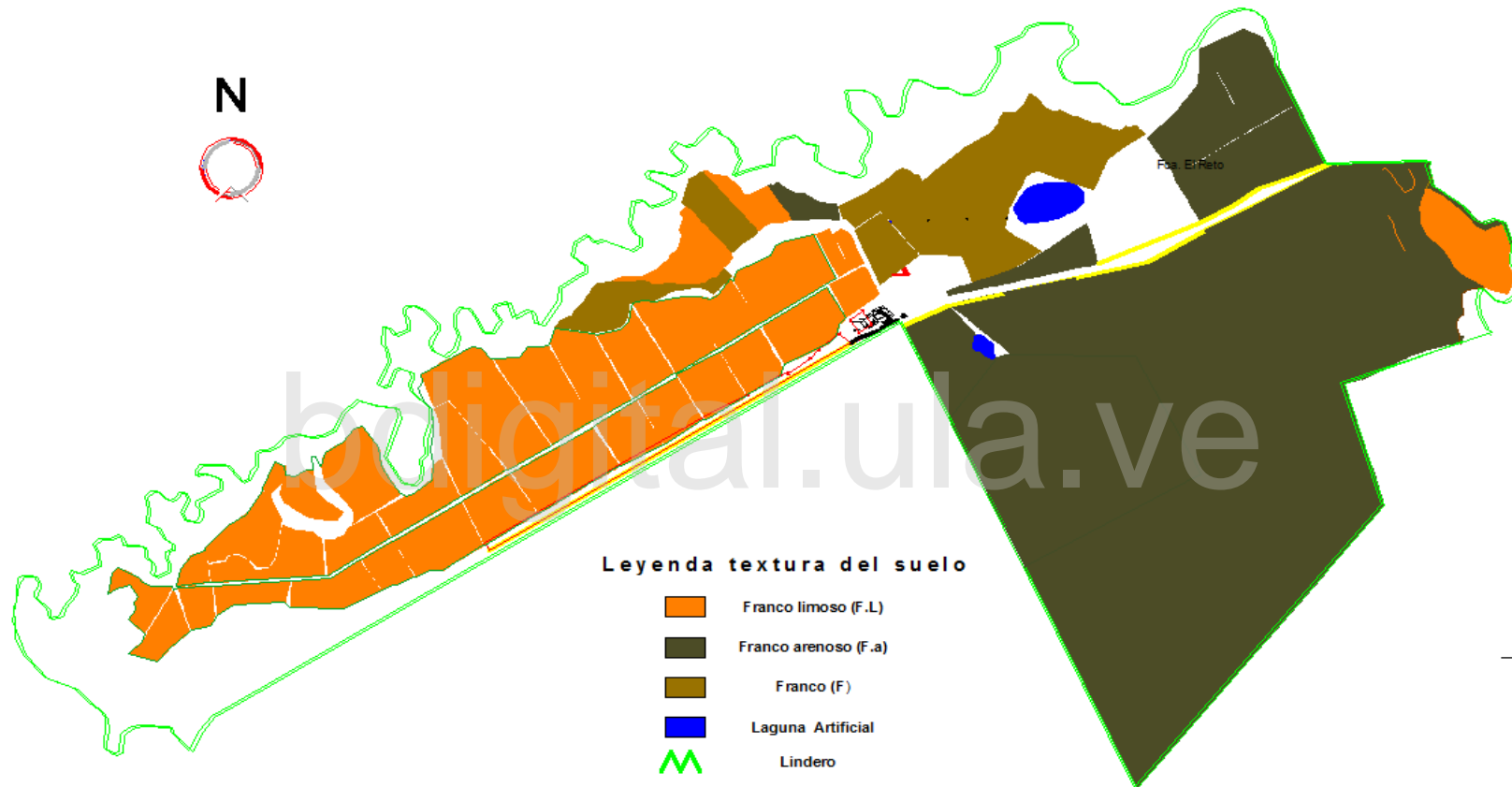


Figura 2.1. Fuente: Conquet y Terán (2012)

2.2.6.4. Densidad aparente

La densidad aparente del suelo es la relación entre la masa (seca al aire libre por más de 48 horas) de las partículas del suelo y del volumen total, incluyendo el espacio poroso que ocupan, se expresan en g/cm^3 .

Para la determinación de esta característica utilizaron el método del hoyo en campo, el cual consiste en la apertura de un hueco en el suelo y la determinación de su volumen, añadiendo una cantidad conocida de agua hasta el enrase, previniendo la infiltración del agua mediante la colocación de un material impermeable en el hueco. En pruebas realizadas por otros autores determinaron la densidad aparente a través del método del densímetro o de Bouyoucos. Este método consiste en determinar los porcentajes en que se encuentran los diferentes separados del suelo, de acuerdo con el peso de una muestra seca del mismo.

En el trabajo de investigación realizado por Vásquez y González (1993) los resultados de densidad aparente en el lote A, específicamente donde hoy está el cultivo de caña y otras partes de este mismo lote presentaron valores desde 1,4 a 1,5 g/cm^3 para suelos franco limosos, 1,6 g/cm^3 para suelos franco arenosos.

A su vez Calles (2004) en el estudio que realizó en la finca El Reto determinó que la densidad aparente varió de 1,02 a 1,6 g/cm^3 .

Por otra parte Yépez y Bencomo, en el diseño del sistema de riego por aspersión para 3,5 Ha de pasto en la finca El Reto, para el cual utilizaron el método del terrón parafinado, donde el valor obtenido fue 1,7 g/cm^3 , expresan que estos suelos presentan pocos problemas de compactación.

Los valores promedios obtenidos de densidad aparente en la zona de estudio en el caso de Castro (2008) para los potreros La Vega(B1) y potrero El Llano (B2) fueron 1,43 g/cm^3 y 1,62 g/cm^3 ; respectivamente, lo que indica que son suelos característicos de textura media.

Peña (2009) a través del método del hoyo determinó la densidad aparente para los potreros sabaneta I y sabaneta II, donde los valores obtenidos fueron $1,59 \text{ g/m}^3$ y $1,61 \text{ g/m}^3$.

Para el resto de la finca donde no se han realizado pruebas para determinar la densidad aparente se hizo una interpretación de la Tabla 2.7 (Resumen de las propiedades de los suelos) de acuerdo a la textura del suelo.

Es de hacer notar que Calles (2004) realizó pruebas de densidad aparente donde ya habían realizado pruebas Vásquez y González (1993) obteniendo resultados similares a pesar de la diferencia de años.

Tabla 2.3. Análisis mecánico de pH, C.E. y materia orgánica.

Muestra	profundidad (cm)	% de arena (a)	% de limo (L)	% de arcilla (A)	Textura	PH	conductividad eléctrica (ds/m)	Materia orgánica
Sabaneta 1	0-20	60	34	6	F.a	5.8	0.38	1.9
Sabaneta 2	0-20	62	32	6	F.a	5.5	0.31	1.9
Sabaneta 3	0-20	62	32	6	F.a	5.4	0.3	1.5
Sabaneta 4	0-20	62	30	8	F.a	5.9	0.31	2.3
Guafa 1	0-21	54	38	8	F.a	6.7	0.38	1.5
Guafa 2	0-22	36	50	14	F.L	7.1	0.4	3.1
Guafa 3	0-23	46	46	8	F.	7.8	0.45	2
Guafa 4	0-24	32	54	14	F.L	7.6	0.44	2.1
Guafa 5-1	0-20	46	42	12	F.	7.4	0.40	2.20
Guafa 5-2	0-20	42	44	14	F.	7	0.39	3.2
Ensayo	0-20	42	46	12	F.	6.8	0.32	2.40
Ensayo	0-20	40	48	14	F.	7.7	0.37	1.80
Jabillo	0-20	36	44	20	F.	8.6	0.52	2.80
Morrocó	0-20	60	26	14	F.a	7.2	0.52	1.40
Los Caballos	0-20	46	38	16	F.	8.3	0.38	1.80
La	0-20	50	32	18	F.	7.7	0.28	1.60

parchita								
La Yuca	0-20	46	44	10	F.	6.7	0.27	1.80
Leucena	0-20	34	48	18	F.	6.3	0.94	3.20
Guácimo	0-20	46	40	14	F.	6.4	0.40	1.90
Tamarindo	0-20	36	48	16	F.	8.3	0.44	2.20
Lote "B"	0-20	62	26	12	F.a.	6.2	0.30	1.40

Fuente: Conquet y Terán 2012

2.2.6.5. Niveles de humedad en el suelo

Para lograr una máxima eficiencia de riego debe tenerse en cuenta conceptos como nivel de saturación, capacidad de campo, punto de marchitez permanente y humedad aprovechable.

Castro (2008) dice que el nivel de saturación se registra inmediatamente después de una lluvia o un riego. Y es cuando el agua ha llenado todos los poros desplazando el aire del suelo. En dicho nivel cualquier cantidad adicional de agua escurrirá. Provocará encharcamiento o se eliminará por el efecto de la gravedad hacia la capa más profunda del suelo. Cuando el exceso de agua se ha eliminado principalmente por percolación, se dice que el suelo está a capacidad de campo, o sea que posee una cantidad máxima de almacenamiento de humedad para las plantas. A capacidad de campo el agua queda retenida en los espacios porosos que existen entre las partículas del suelo y en esas condiciones es absorbida por las plantas con mayor facilidad, dicha capacidad es mayor en los suelos arcillosos que en los arenosos.

A medida que el contenido de humedad en el suelo disminuye, para las plantas es cada vez más difícil absorberlas llegando a un nivel en que, si no reciben agua adicional se marchitan y ya no pueden recuperarse. Dicho nivel se denomina punto de marchitez permanente.

Los análisis de capacidad de campo y punto de marchitez permanente para los lotes B1 y lote B2 obtenidos por los autores antes mencionados

fueron realizados en el laboratorio de suelos del instituto de geografía y conservación de recursos naturales, pertenecientes a la facultad de ciencias forestales de la Universidad de Los Andes-Mérida.

El contenido de humedad entre CC y PMP, conforman la humedad aprovechable o útil del suelo, la que es mayor en suelos arcillosos que en los arenosos. La Tabla 2.4 muestra los resultados obtenidos donde se puede observar de forma general, que estos suelos se caracterizan por tener baja retención de humedad a través del perfil.

Tabla 2.4. Valores promedios de los % de humedad para el lote “B1” y lote “B2”

Registro de laboratorio	de Identidad de campo	% de humedad 1/3 Atm	% humedad 15 Atm
36607	0-30 lote b1	19.69	7.52
36608	30-60 lote b1	10.61	6.18
36609	0-30 lote b2	9.78	4.49
36610	30-60 lote b2	22.77	3.68

Fuente: Castro (2008)

Por otra parte Vásquez y González (1993) determinaron los valores de humedad en el suelo: capacidad de campo y punto de marchitez permanente respectivamente, para ello utilizaron el método de la olla de presión modificado de Richards y los resultados se muestran en la Tabla 2.6, dichos resultados indican que presentan alta retención de humedad a través del perfil, debido a que los valores normales promedios para el tipo de suelo franco considerado por Israelsen y Kansen (1962), citado por Grassi (1987), están entre (18-26) para la capacidad de campo y (8-12) para punto de marchitez permanente.

Las demás investigaciones demostraron que el contenido de humedad se encuentra dentro de los parámetros normales presentado por la buena retención de humedad.

2.2.7. Infiltración.

En la información básica para seleccionar y proyectar un sistema de riego, se encuentra la velocidad de infiltración, que se define como la velocidad de penetración del agua en el perfil del suelo cuando la superficie se cubre con una lámina delgada de agua. Al conocer la velocidad de infiltración de un suelo en particular, se puede determinar el tiempo y la cantidad de agua que se debe suministrar y mantener en la superficie del suelo para lograr un frente de humedecimiento que alcance la profundidad requerida por las raíces de los cultivos. Dichas pruebas fueron realizadas por Castro, A. (2008), en los lotes B1 y B2.

Peña (2009) tomó muestras de suelo de los potreros sabaneta I y sabaneta II y las llevó al laboratorio de suelos ULA-Mérida para determinar las pruebas de retención de humedad (capacidad de campo y punto de marchitez permanente), los resultados se presentan en la Tabla 2.5.

Tabla 2.5. Resultados del análisis de retención de humedad.

Identidad de campo				
Muestra	Potrero	Profundidad	% de humedad 1/3 atm	% de humedad 15 atm
1	I-II	0,30 cm	12,5	3,93
2	I-II	30-60 cm	12,54	4,5
3	II	0-30 cm	12,73	4,38

Fuente: Peña (2009)

Tabla 2.6. Valores promedios: densidad aparente, textura, retención de humedad, agua útil, conductividad eléctrica, pH

Sector	Profundidad	Textura	Retención de humedad		Agua util (%)	C.E (mmhon/cm)	Ph	Cultivo	Area (Ha)
			Cc(%)	PMP (%)					
I	0-30	F.L	35.04	23.92	11.33	0.33	8.05	Caña de azúcar	72.70
II	0-30	F.L	25.94	17.57	8.37	0.36	8.8	Musáceas	16.52
III	0-30	F.a	19.11	13.11	7.5	0.29	7.9	Melón, tomate, cebolla y pimentón	8.30

Fuente: Araujo y González (1993)

Tabla 2.7. Resumen de las propiedades físicas del suelo.

Textura del suelo	Total poroso	espacio ρ_a	Densidad aparente	Capacidad de campo W_c %	de Marchitez permanente w_m %	Humedad total disponible		
						Peso seco w_c-w_m	Volumen $(w_c-\rho_a)$	D cm/m
Arenoso	38 (32-42)	1,65 (1,55-1,80)	9 (6-12)	4 (2-6)	5 (4-6)	8 (6-10)	8 (6-10)	
Franco arenoso	43 (40-47)	1,50 (1,40-1,60)	14 (10-18)	6 (4-8)	8 (6-10)	12 (9-15)	12 (9-15)	
Franco	47 (43-49)	1,40 (1,35-1,50)	22 (18-26)	10 (8-12)	12 (10-14)	17 (14-20)	17 (14-20)	
Franco arcilloso	49 (47-51)	1,35 (1,30-1,40)	27 (23-31)	13 (11-15)	14 (12-16)	19 (16-22)	19 (16-22)	
Arcilloso limoso	51 (49-53)	1,30 (1,25-1,35)	31 (27-35)	15 (13-17)	16 (14-18)	21 (18-23)	21 (18-23)	
Arcilloso	53 (51-55)	1,25 (1,20-1,30)	35 (31-39)	17 (15-19)	18 (16-20)	23 (20-25)	23 (20-25)	

Fuente: Grassi (1998) Nota: los intervalos normales son consignados entre paréntesis

2.2.7.1 Pruebas de infiltración

Medio por el cual se obtiene datos de tiempo y caudal para determinar la velocidad con que el agua penetra en el suelo. El método aplicado por Castro (2008) para realizar la medición de infiltración fue el de los llamados cilindros infiltrómetros, por ser el más conocido de todos.

Los equipos empleados por estos autores en la prueba de infiltración fueron los siguientes:

- ✓ Cilindros infiltrómetros de metal
- ✓ Gancho calibrador de acero
- ✓ Escalímetro.
- ✓ Mandarria
- ✓ Bolsas plásticas
- ✓ Cronómetro
- ✓ Recipientes de 200 l y 20 l
- ✓ Pico, pala y escardilla
- ✓ Planilla para el registro de los datos tomados durante la prueba

El procedimiento aplicado fue el siguiente:

El área de estudio está dividida en dos lotes (B1 y B2).

Teniendo en cuenta que las características geomorfológicas fueran homogéneas y con ayuda del plano topográfico, los cilindros se ubicaron en forma triangular.

Procedieron a enterrar en el suelo los cilindros con ayuda de una mandarria a una profundidad aproximada de 15 cm y construyeron una charca amortiguadora alrededor de cada cilindro, cuya función es garantizar el flujo vertical en el suelo.

Posteriormente, colocaron dentro de los cilindros las bolsas plásticas para evitar que el agua se infiltre antes del tiempo indicado.

Marcaron el borde de los cilindros, para representar el sitio donde se harían las lecturas.

Añadieron agua, tanto al cilindro como a las charcas y retiraron las bolsas plásticas de los cilindros. El agua infiltró durante un período de tiempo corto (5 min) debido a la elevada velocidad de infiltración del agua en el suelo.

Con el gancho calibrador y el escalímetro, procedieron a medir alturas de agua, obteniendo de esa manera las lecturas iniciales. Este proceso lo repitieron en varias oportunidades con el fin de agregar agua para reponer la lectura inicial y aumentar de esa manera los intervalos de tiempo a medida que la velocidad de infiltración disminuía.

Las lecturas en los cilindros las iniciaron en intervalos diferentes de tiempo, los primeros 5 min de la prueba tomaron lecturas cada 1 min; los siguientes 25 min las mediciones de lectura las hicieron cada 5 min; en los 50 min posteriores las lecturas fueron hechas en espacios de tiempo de 10 min y en los últimos 100 min las lecturas fueron tomadas cada 20 min.

Al mismo tiempo mantenían los niveles de agua en las charcas para asegurar la infiltración vertical en los cilindros.

La velocidad de penetración de agua en el suelo depende principalmente del contenido de humedad existente. Si se aplica agua a un suelo seco la velocidad de infiltración será relativamente alta. Si se continúa añadiendo agua, el suelo comenzará a saturarse y la velocidad de infiltración será cada vez menor, hasta llegar a un valor mínimo, prácticamente constante, denominado infiltración básica.

En ese sentido Kostiaikov (1932) citado por Grassi (1993) expresa la velocidad de infiltración en un punto (Ecuación 2.1), la cual es especificada a continuación:

$$I = a * t^b \quad (2.1)$$

I = es la velocidad de infiltración en *mm/min* ó *mm/h*.

t = es el tiempo de infiltración, en min ó en *h*.

a = es el coeficiente que representa la velocidad la velocidad de infiltración a un $t=1$.

b = es el exponente adimensional, que varía entre 0 y -1. Representa el decaimiento de la velocidad con el tiempo.

Si se integra la Ecuación 2.1 entre los límites de $t = 0$ y $t = t$. se obtiene la ecuación de infiltración acumulada (I_{cum}), es decir:

$$I_{cum} = \int_0^t I dt = \int_0^t a t^b dt = \frac{a}{b+1} t^{b+1}$$

Si se llama $A = \frac{a}{b+1}$ y $B=b+1$

Se tiene entonces:

$$I_{cum}=A*t^B \tag{2.2}$$

Donde:

I_{cum} = infiltración acumulada, en *cm* ó *mm*.

A = Lámina infiltrada para un $t = 1 \text{ min}$.

B = Exponente adimensional, positivo.

2.2.7.2. Infiltración básica

Es la que permite conocer cuando la velocidad de la infiltración varia, para un período estándar en un 10% o menos con respecto a su valor inicial, la infiltración básica es un valor importante en la proyección de riego y se obtiene igualando la primera derivada de la Ecuación 2.1 a $0.1*I$, por lo tanto:

$$\frac{dl}{dt} = -0.1 * I \rightarrow a * b * t^{b-1} = -0.1 * a * t^b \rightarrow t_b = -10 * b$$

t_b : Es el tiempo necesario para alcanzar la infiltración básica, el cual esta expresado en unidades de minutos, queda:

$$t_b = -10 * 60 * b \rightarrow t_b = -600 * b \tag{2.3}$$

Introduciendo la Ecuación 2.3 en la 2.1, se tiene la Ecuación 2.4 que permite estimar la infiltración básica:

$$i_b = a * t_b \rightarrow I_b = a(-600 * b)^b \quad (2.4)$$

Donde:

I_b = Infiltración básica, en cm/min.

2.2.7.3. Medición de la infiltración

Para determinar la Ecuación 2.2 de infiltración acumulada ($I_{cum}=A*t^B$), se grafican los valores de tiempo acumulado y lámina infiltrada en un papel doblemente logarítmico, tal como se muestra en el (Apéndice B).

Elaborada la gráfica se obtuvo el valor del coeficiente A, buscando el valor de lámina infiltrada correspondiente a un tiempo igual a 1 minuto ($t = 1 \text{ min}$). El valor del coeficiente B lo representa la pendiente de la recta obtenida, es decir, tomando dos tiempos t_1 y t_2 y dos láminas L_1 y L_2 (Ecuación 2.5):

$$B = \frac{(\log L_2/L_1)}{(\log t_2/t_1)} \quad (2.5)$$

Para hallar la Ecuación 2.1 de velocidad de infiltración ($I=a*tb$), se deriva la Ecuación 2.2 de infiltración a la cual se le han introducido los valores numéricos de A y B. En el (Apéndice B) se presenta la curva que muestra la disminución de la velocidad de infiltración con el tiempo.

Finalmente la Ecuación 2.4 de infiltración básica ($I_b=a -600* tb b$) se obtiene sustituyendo $tb =-600*b$, en la Ecuación 2.1.

Los resultados obtenidos de la velocidad de infiltración para cada cilindro se reflejan en la Tabla 2.8, los cuales fueron tomados del trabajo realizado por Gonzales y Castro (2008).

Tabla 2.8. Velocidades de infiltración

Cilindro	Lote B1 en lb cm/h	Lote B2 lb en cm/h
1	1,32	2,26
2	1,11	2,21
3	1,71	5
4		0,75
5		1,88

Fuente Castro y Araujo (2008)

En general las pruebas efectuadas muestran que los suelos de la zona se consideran con una moderada velocidad de infiltración, buen porcentaje de espacios porosos que indican buena aireación, posibilidades de penetración de raíces y sin problemas de compactación, todas estas características indican que estos suelos no presentan dificultades para la preparación de tierras, y por ende se pueden adaptarse un amplio rango de cultivos.

En el trabajo realizado por Vásquez y González (1993), se determinó la infiltración para las 106.806 Ha en las que realizaron el estudio y para ello utilizaron el método de infiltración en cilindro descrito por Grassi (1988) citado por dicho autores; mediciones que realizaron en cada uno de los sectores seleccionados de acuerdo a las características encontradas en la etapa de recomendaciones de la zona, para ello utilizaron tres o dos cilindros en cada punto con la finalidad de obtener valores promedios representativos.

Con los datos obtenidos en campo, como son tiempo y lámina de infiltración, elaboraron las curvas representando así la infiltración y obtuvieron los valores de infiltración básica utilizando la metodología de cálculo basada en la ecuación de Kiostiakov (1932), citado por dichos

autores; los resultados de la infiltración se presentan en la siguiente Tabla 2.9.

Tabla 2.9. Valores promedio de infiltración básica

Sector	infiltración básica (cm/h)	Calificación*
I	1.01	Muy lenta
II	1.42	Muy lenta
III	2.59	Lenta

Fuente: Vásquez y Gonzales (1993). *Según Mazurak (1970), citado por Cortes (1985).

En los estudios realizados por Calles (2004) para diseñar un sistema de riego por superficie para 18 Ha y Yépez y Bencomo (2004) quienes realizaron un diseño de sistema de riego por aspersión para 3,5 Ha se obtuvo que ambas pruebas resultaron ser de infiltración lenta, utilizando para ello el método de infiltración en cilindro. En la otra parte de la finca donde no se cuenta con pruebas de infiltración se realizó una interpretación de acuerdo con el análisis de suelos, considerando para ello la textura del suelo.

Peña (2009) utilizando el método de infiltración de cilindro obtuvo los resultados que se muestran en la siguiente Tabla 2.10 calificándola como muy lenta.

Tabla 2.10.: velocidades de infiltración potreros I y potreros II

Potrero	Cilindro 1	Cilindro 2	Cilindro 3	Ib (prom)
I	0,119 cm/h	1,016 cm/h	0,102 cm/h	0,412 cm/h
II	0,103 cm/h	0,329 cm/h	6,504 cm/h	2,32 cm/h

Infiltración	1,366
promedio	com/h
(cm/h)	

Fuente: Peña (2009)

2.2.8. Estimación de las demandas hídricas de los cultivos.

Es de vital importancia conocer las relación agua-suelo-planta con la atmosfera, ya que el desarrollo de los cultivos no solo se produce en el suelo, sino también en la atmosfera y de esta manera proyectar un sistema de riego. Para estimar la demanda neta de riego o necesidades de riego es indispensable conocer la entrada y la salida de agua en la zona de estudio, esto se logra mediante la estimación del balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima de un área determinada, para un intervalo de tiempo dado, en base a la planificación, diseño y funcionamiento de un sistema de riego FAO (1979) citado por Grassi (1988).

A continuación se estudiarán los parámetros de evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o), evapotranspiración del cultivo (ET_c) y balance hídrico de cada cultivo:

2.2.8.1. Evapotranspiración o uso consuntivo

La estimación de los requerimientos de agua de los cultivos constituye una de las etapas básicas de todo proyecto agrícola. “La estimación de la evapotranspiración es la forma más común de determinar los requerimientos de agua de los cultivos” (Trezza, 1997, p. 43) citado por Castro (2008). Este mismo autor indica que la evapotranspiración depende básicamente de los dos siguientes factores:

- Condiciones climáticas.
- Características fisiológicas del cultivo y el manejo del mismo.

Con el objeto de separar la influencia de los factores anteriormente descritos, Grassi (1988) citado por Trezza (1997) presenta un procedimiento, el cual fue seguido en la presente investigación, de estimación de la evapotranspiración de un cultivo (ET) que consiste inicialmente en determinar la Evapotranspiración potencial (ETp) o Evapotranspiración del cultivo de referencia (ETo), la que responde a la influencia de las condiciones climáticas. Posteriormente la ETp o ETo es afectada por factores agronómicos que permiten, finalmente, la estimación de la Evapotranspiración del cultivo (ET). De acuerdo al enfoque del coeficiente del cultivo, la evapotranspiración del cultivo (ET) se calcula como el producto de la evapotranspiración del cultivo de referencia y el coeficiente del cultivo Kc por la Ecuación 2.6:

$$ET = Kc * ETo. \quad (2.6)$$

Según la FAO 56 (2006), se conoce como evapotranspiración (ET) la combinación de dos procesos separados por los que el agua se pierde a través de la superficie del suelo por evaporación y por otra parte mediante transpiración del cultivo, dichos procesos se describen a continuación:

2.2.8.1.1. Evaporación.

La evaporación es el 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 (FAO 56).

2.2.8.1.2. Transpiración.

Para la FAO 56 (2006) la transpiración consiste en la vaporización del agua líquida contenida en los tejidos de la planta y su posterior remoción hacia la atmósfera. Los cultivos pierden agua predominantemente a través de los estomas. Estos son pequeñas aberturas en la hoja de la planta a

través de las cuales atraviesan los gases y el vapor de agua de la planta hacia la atmósfera. El agua, junto con algunos nutrientes, es absorbida por las raíces y transportada a través de la planta. La vaporización ocurre dentro de la hoja, en los espacios intercelulares, y el intercambio del vapor con la atmósfera es controlado por la abertura estomática. 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 misma fuente explica que la transpiración, al igual que la evaporación directa, depende del aporte de energía, del gradiente de presión del vapor y de la velocidad del viento. Por lo tanto, la radiación, la temperatura del aire, la humedad atmosférica y el viento también deben ser considerados en su determinación. El contenido de agua del suelo y la capacidad del suelo de conducir el agua a las raíces también determinan la tasa de transpiración, así como la salinidad del suelo y del agua de riego. La tasa de transpiración también es influenciada por las características del cultivo, el medio donde se produce y las prácticas de cultivo. Diversas clases de plantas pueden tener diversas tasas de transpiración. Por otra parte, no solamente el tipo de cultivo, sino también su estado de desarrollo, el medio donde se produce y su manejo, deben ser considerados al evaluar la transpiración.

2.2.8.2. Evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

Es la pérdida de agua de una cubierta vegetal abundante, sin suelo desnudo, sin limitación de suministro hídrico, cuando los factores meteorológicos son los únicos que condicionan dicha evapotranspiración, es decir, el proceso de la evaporación depende principalmente de las condiciones climáticas, características y manejo del cultivo, Calles y Araujo (2008).

Con referencia a lo anterior se estimó la ETo utilizando el método de Penman-Monteith tomado de Allen (2006) asumiendo que se cuenta con todos los parámetros necesarios para aplicar la Ecuación 2.7.

$$E_{To} = \frac{[0,408 * \Delta * (R_n - G)] + \left[\gamma \frac{900}{T + 273} u_2 * (e_{sat} - e_{act}) \right]}{\Delta + [\gamma * (1 + [0,34 * u_2])]} \quad (2.7)$$

Donde:

ETo : Evapotranspiración del cultivo de referencia en (mm/día).

Rn :Radiación neta en la superficie del cultivo en (MJ/m²*día)

G: Flujo de calor en el suelo en (MJ/m²*día).

T: Temperatura media del aire, medida a 2 m de altura (°C).

u₂: Velocidad del viento, medida a 2 m de altura (m/s).

e_{sat}: Presión de vapor a saturación (kPa), correspondiente a la temperatura del aire (T).

e_{act}: Presión actual del vapor del aire (kPa).

Δ: Pendiente de la curva de presión de vapor del aire (kPa/°C).

γ: Constante psicométrica (kPa/°C).

2.2.8.3. Evapotranspiración del cultivo particular (ETc)

Es lo que verdaderamente ocurre en el complejo suelo-planta, en las condiciones climáticas existentes para determinado cultivo y nivel de humedad del suelo Grassi, C. (1988). Para calcular la ET, se llevó a cabo los pasos indicados por Sánchez, L. (2011).

1. Identificar las diferentes etapas del ciclo del cultivo a estudiar y determinar el número de días correspondientes a cada una de ellas.

Estas etapas de desarrollo del cultivo, consideradas en el trabajo de la FAO-56 citado por Sánchez, L. (2011), son las siguientes:

Etapa inicial: esta etapa comprende el período de tiempo entre la fecha de siembra y la fecha en que el cultivo cubre aproximadamente un 10% del área cultivada.

Etapa del desarrollo del cultivo: esta etapa comprende desde la fecha en que el cultivo cubre el 10% de área, hasta que llega a su máximo porcentaje de cobertura. En la práctica, para la mayoría de los cultivos, la máxima cobertura coincide con los inicios de la floración.

Etapa intermedia o de mediados de temporada: esta etapa comienza al producirse el área máxima de cobertura y finaliza al comenzar la madurez del cultivo. Esta maduración del cultivo es indicada por la maduración del fruto y caída de las hojas.

Etapa final: etapa comprendida entre el comienzo de la madurez y el final de la cosecha o total senescencia de la planta.

2. Seleccionar el valor de Kc correspondiente a cada etapa del cultivo, ajustando el valor de Kc inicial por condiciones de humedecimiento frecuente en el suelo.
3. Construir la curva del cultivo a partir de los valores Kc obtenidos y la longitud de cada etapa del cultivo. Esta curva permite obtener los valores intermedios de Kc.

2.2.8.4. Balance hídrico

Grassi, C. (1998) indica: El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima, es una forma de cuantificar la situación hídrica de un área determinada para un intervalo de tiempo dado. Al respecto, cabe destacar que se realiza con fines de planificación agrícola e hidráulica a nivel nacional, regional o zonal y también con fines de diseño y funcionamiento de un sistema de riego. (p. 171).

La Ecuación de balance hídrico en función del almacenamiento de humedad de agua en el suelo, se expresa en la Ecuación 2.8.

$$B = Pe - ET_c + \text{Almacenamiento} \quad (2.8)$$

Donde:

B = Resultado de balance (mm)

Pe = Precipitación efectiva (mm).

ET_c = Evapotranspiración del cultivo (mm)

Almacenamiento = Almacenamiento de humedad antecedente, disponible para el período considerado (mm)

2.2.8.5. Precipitación efectiva

Grassi, C. (1998) indica que la relación entre la lámina retenida en la capa radical del suelo para ser evapotranspirada y la que totaliza la precipitación caída, es una medida de la efectividad de la misma. En los cálculos de las demandas hídricas con fines de riego debe, en consecuencia, tenerse en cuenta la precipitación efectiva (Pe), que es la lámina de agua precipitada que efectivamente contribuye al proceso evapotranspiratorio.

Para determinar la Pe se adoptó el método del USA Soil Conservation Service presentado por Trezza, R. (1997). Este consiste en determinar la Pe de acuerdo a:

$$Pe_a = \frac{P * (125 - [0,2 * P])}{125} \text{ si } P < 250 \text{ mm} \quad (2.9)$$

$$Pe_a = 125 + (0,1 * P) \text{ si } P > 250 \text{ mm} \quad (2.10)$$

Donde:

Pe_a: Precipitación efectiva (mm).

P: precipitación total (mm).

2.2.8.6. Lámina almacenable

Es la máxima cantidad de agua disponible para las plantas que un determinado suelo es capaz de almacenar hasta una profundidad determinada (generalmente la profundidad radicular). La lámina almacenable depende de las características físicas del suelo, en especial de su textura. Ésta se calcula a través de la Ecuación 2.11.

$$La = (CC - PMP) / 100 * Da * Zr \quad (2.11)$$

Donde:

La = Lámina almacenable (mm)

CC = Capacidad de campo (%)

PMP = Punto de marchitez permanente (%)

Da = Densidad aparente del suelo gr/cm^3

Zr= Profundidad radicular (mm)

2.2.8.7. Lámina neta

Es la lámina de reposición, es decir, es la cantidad de agua que se debe suministrar al cultivo cuando se ha agotado un porcentaje de la lámina almacenable. Este agotamiento se denomina umbral de reposición, valor que se toma de acuerdo a la necesidad del cultivo. Para los cultivos cítricos, caña de azúcar y lechosa Vázquez y Gonzales (1993) tomaron un valor del 50%, así como para los cultivos hortícolas y las musáceas un valor del 40%. La lámina neta de riego se calcula mediante la Ecuación 2.12

$$Ln = La * \frac{UR}{100} \quad (2.12)$$

Donde:

Ln= lámina neta de riego (mm)

La=lámina almacenable (mm)

UR=umbral de riego (100)

2.2.8.8. Umbral de riego (UR)

Es el porcentaje de la lámina almacenable que se permite agotar antes de aplicar el riego, con la finalidad de evitar situaciones de estrés hídrico en el cultivo. El umbral de riego depende de la sensibilidad del cultivo al estrés hídrico y del valor económico del cultivo.

2.2.8.9. Frecuencia de riego máxima (FRmax)

Representa el máximo intervalo entre dos riegos consecutivos, considerando la lámina neta y las necesidades de agua para el período de máxima demanda. Se calcula a través de la Ecuación 2.13:

$$FR = \frac{Ln}{Et Etc} \quad (2.13)$$

Donde:

FRmax= es la frecuencia de riego, máxima (días).

Ln= es la lámina neta de riego (mm).

Et= es la evapotranspiración máxima diaria (mm/día).

2.2.8.10. Frecuencia de riego (FR) y días de riego (DR)

La frecuencia de riego obtenida a través de la ecuación representa el máximo intervalo entre riegos que se puede permitir con el fin de evitar situaciones de estrés hídrico en el cultivo. En la práctica, se puede asumir cualquier valor de frecuencia de riego (FR) que sea menor o igual a FRmax, es decir:

$$FR \leq FR_{max}$$

2.2.8.11. Lámina bruta de riego (Lb)

La lámina bruta de riego expresa la cantidad real de agua que se debe aplicar en cada riego. La lámina bruta de riego representa la

suma de la lámina neta de riego (Lnr) y las pérdidas de agua producto del escurrimiento, percolación, evaporación y arrastre del agua por efecto del viento.

La lámina bruta de riego se calcula por medio de la Ecuación 2.14:

$$Lb = \frac{Lnr}{\left(\frac{Ef}{100}\right)} \quad (2.14)$$

Donde:

Lb=lámina bruta de riego en (mm)

Lnr=lámina neta de riego (mm)

Ef=eficiencia de aplicación del riego (%) (Ver Apéndice C)

2.2.9. Riego

Grassi, C. (1988) define el riego como una actividad resultante de las condiciones del hombre. Este autor aclara que la palabra riego debe ir involucrada con las acciones complementarias de drenaje, pues se trata de crear un ambiente adecuado para las plantas, a fin de obtener la mayor producción de la tierra en la cual crecen, lo que implica compensar el déficit así como eliminar excesos.

Grassi, C. (1988) define el riego como: “La aplicación artificial de agua al terreno, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo”; por otra parte, Norero citado por Peña (2000), define el riego como: “La práctica de la ingeniería, para elevar la eficiencia del agua y la productividad de la tierra, con el que se regulariza el reservorio de agua, según las exigencias de los cultivos.”

2.2.9.1. Sistema de riego

Torres, Y. (2010) afirma que desde la perspectiva de ingeniería un sistema de riego es el formado por un conjunto de estructuras necesarias para realizar la captación, conducción y distribución de las aguas a los

suelos, aplicando una lámina que supla las deficiencias de humedad exigidas por las plantas durante su período determinado de germinación y crecimiento. Igualmente, comprende todas aquellas obras que ayudan y mejoran el drenaje superficial o interno de los suelos (cuando este último es necesario), y aquellas obras como las de vialidad interna permiten el transporte de los productores a los mercados consumidores.

La Dirección de Aprovechamiento citada por Grassi (1977:8), define la operación de un sistema de riego como: el proceso que se inicia con la captación, distribución y entrega de la dotación de riego en el punto óptimo de la unidad de explotación, en el momento y cantidad suficientes para el logro de las cosechas, y concluye con la evacuación de los excedentes de riego y lluvias; de modo de mantener a través de todo el proceso, el equilibrio deseable en la interacción de los recursos agua-suelo-planta.

Peña, E. (2000) afirma que la construcción y desarrollo de un sistema de riego y drenaje conlleva a un impacto ambiental y, por consiguiente, a un deterioro ambiental, si no se emplean las previsiones para evitarlo. Las actividades de conservación y mantenimiento completan las de operación que permiten llevar el agua a cada uno de los predios y unidades parcelarias que integran el sistema. En efecto, se quiere conservar el agua y los suelos del sistema, lo que es una labor netamente conservacionista; y el mantenimiento se refiere a lo que el hombre ha construido, como lo es la infraestructura hidráulica, vial, entre otros.

Según Grassi, C. (1977), los elementos físicos que componen un sistema de riego y que integran la infraestructura del mismo, pueden ser clasificados así:

- ❖ Infraestructura general de riego.
- ❖ Red vial y sistema de comunicaciones.
- ❖ Obras auxiliares.

2.2.9.2. Obras hidráulicas

Mejías, J. (2011) indica que las obras hidráulicas en general son construcciones de bienes que tengan naturaleza inmueble destinados a la captación, extracción, desalación, almacenamiento, regulación, conducción, control y aprovechamiento de las aguas, así como el saneamiento, depuración, tratamiento y reutilización de las aprovechadas y las que tengan como objeto la recarga artificial de acuíferos.

Grassi, C. (1977) señala que las obras hidráulicas de un sistema de riego: tienen por finalidad captar el agua de las fuentes de abastecimiento, almacenándolas en su caso, para regularizar su escurrimiento y aprovechamiento; derivarlas a las redes de conducción y distribución, y entregarlas a las parcelas o grupo de parcelas en que terminan la red menor. Así mismo, para regular la posición de los niveles freáticos, en las tierras cultivadas se hace necesario disponer de obras para control y evacuación de excedentes así como de obras para evitar los perjuicios que los excedentes fluviales pueden originar en las obras y tierras bajo riego.

El autor previamente citado, indica que las obras hidráulicas que componen un sistema de riego pueden agruparse de la siguiente manera:

2.2.9.2.1. Obras de captación.

Para el proyecto de una obra de captación o toma de agua en ríos, es requisito indispensable realizar una serie de estudios y recopilar la información necesaria, con el propósito de obtener los datos básicos para efectuar un adecuado y correcto diseño de la obra, Castro (2008).

La obtención de la información y la realización de estudios se hacen tanto en la oficina como en el campo y básicamente comprende:

- a. Datos generales del sitio.
- b. Estudios topográficos.
- c. Estudios hidrológicos.

- d. Estudios geológicos.
- e. Estudios de mecánica de suelos.

Las tomas de captación en ríos pueden clasificarse básicamente en los siguientes tipos:

1. Tomas por derivación directa.
2. Tomas laterales mediante presas de derivación.
3. Tomas de fondo.
4. Pozos de captación con rejillas.

Según Mejías, J. (2011) en la captación de agua de un cauce superficial, que constituye generalmente la fuente más común de provisión de agua en los sistemas de riego, se emplean: toma libre (o directa); presas de derivación; tomas de fondo.

Dentro de las consideraciones que se deben tener en cuenta para el diseño de una obra de captación se tienen las siguientes.

1. Se deben tomar los niveles correspondientes al Q_{max} y Q_{min} .
2. se debe ubicar el desarenador a una distancia que convenga para el diseño.
3. Se calcula el área mojada.
4. Se calcula la velocidad de crecida a través de la ecuación:

$$V_h = \frac{Q_{max}}{a} \quad \mathbf{2.15}$$

Donde:

V_h : velocidad de crecida (m/s^2)

Q_{max} : caudal de maximo (m^3/s)

a: area maxima mojada por la crecida de la quebrada (m^2)

5. Asumiendo que en épocas de crecida, la quebrada tiene una capacidad de arrastre de masas de 1000 kg-m, se tiene que la fuerza de impacto contra la estructura seria:

$$F=M*V=1000/9,81*V. \quad \mathbf{2.16}$$

6. Para la altura del dique toma se debe considerar: cota terreno en la captación, cota terreno en desarenador, ΔH y caudal de captación.
7. Para el cálculo de la base del dique se realiza mediante la siguiente Ecuación.

$$B = \frac{-K}{2} + \sqrt{\frac{5 * K^2}{4} + \frac{T^2 \delta_W}{\delta_c}} \quad \mathbf{2.17}$$

Donde:

B: base del dique (m)

K. corona del dique (m)

T: altura total del dique (m)

δ_W : peso específico del agua (kg/m³)

δ_c : peso específico del concreto (kg/m³)

8. Definidas las dimensiones del dique toma se verifica la estabilidad del mismo; para la verificación de la posición de la resultante se toma en cuenta la longitud de la base y la excentricidad.
9. Una vez definidas las dimensiones se determina la profundidad de socavación (Tk), por medio de la siguiente Ecuación.

$$Tk = \frac{4,75}{d_{90(mm)}^{0,32}} * Hd^{0,2} * q^{0,57} \quad \mathbf{2.18}$$

Donde:

Tk: profundidad de socavación (m)

d90: material del cauce (cm)

Hd: altura efectiva del dique (m)

q: caudal unitario (m³/s)

$$q = \frac{Q}{\frac{B_0 + B_U}{2}} \quad \mathbf{2.19}$$

Donde:

q: caudal unitario (m³/s)

Q: caudal a derivar ((m³/s))

Bo: base mayor del vertedero (m)

Bu. base menor (m)

La pendiente entre el tramo de aducción se determina por medio de la ecuación:

$$S = \frac{\Delta H}{45} \quad S > 0,02 \quad \mathbf{2.20}$$

La verificación del dique toma se realiza de la siguiente manera:

1. Verificación de la posición de la resultante (a), a través de la siguiente ecuación.

$$ea = \frac{\sum M_r - \sum M_v}{\sum V} \quad \mathbf{2.21}$$

Donde:

e: es la excentricidad

Mr: momento de resistencia

Mv: momento de volcamiento

V: fuerza vertical.

La línea de acción debe pasar por el tercio central en la base del dique, por lo tanto se debe cumplir la condición:

$$C/3 \leq e \leq 2C/3.$$

Posición de la resultante:

Se determina con la siguiente Ecuación:

$$ea = \frac{\sum M}{\sum V} \quad \mathbf{2.22}$$

Excentricidad se determina por medio de la siguiente Ecuación

$$e = \frac{b}{2} - ea \quad \mathbf{2.23}$$

Donde:

b: ancho de la base del dique.

2. verificación al volcamiento

Se debe usar un factor de seguridad al volcamiento ≥ 2 :

$$Fv = \frac{\sum M_r}{\sum M_v} \geq 2 \quad \mathbf{2.24}$$

3. verificación al deslizamiento.

Se usara un factor de seguridad al deslizamiento $\geq 1,5$.

μ =coeficiente de fricción del concreto y roca 0,7.

$$Fd = \frac{\mu \Sigma V}{\Sigma H} \geq 1,5 \quad \mathbf{2.25}$$

Si $Fd \geq 1,5$ No se necesita dentellón

Si $Fd < 1,5$ se usara dentellón

δ agua= $1000 \text{ kg/m}^3 = 1 \text{ t/m}^3$

δ Sedimentación= $1800 \text{ kg/m}^3 = 1,8 \text{ t/m}^3$ $\delta_s = 1100 \text{ kg/m}^3$

(sumergidos)= $1,1 \text{ t/m}^3$.

δ Concreto $2200\text{-}2400 \text{ kg/m}^3 = 2,2\text{-}2,4 \text{ t/m}^3$

Hundimiento: Medición de las condiciones del dique-toma, que determina los efectos de las fuerzas sobre el dique.

$$\vartheta_{min}^{max} = \frac{\Sigma F_v}{H} \times \left(1 \pm \frac{6e}{b} \right) \quad \mathbf{2.26}$$

Luego de verificar la estabilidad del dique para la sección más crítica, se procede a verificar el refuerzo en las diferentes secciones transversales

2.2.9.2.2. Toma libre.

Grassi, C. (1977) señala que la toma libre consiste en una estructura compuesta por una o más compuertas instaladas en la margen de un río, que conduce agua en cantidad y con un tirante tal, de modo que permita derivar directamente el agua sin producir su represamiento.

Peña, E. (2000) indica que la toma directa se constituye en ríos profundos cuando el caudal durante el año tiene tirantes y profundidades más o menos constantes, también, se construyen cuando caudales a derivar o captar son bajos. Es factible cuando el caudal de captación representa un porcentaje importante del caudal medio del río.

2.2.9.2.3. Presa de derivación.

Grassi, C. (1977) menciona que éstas permiten mediante la intercepción del fluído, derivar todo el caudal que trae el río, si ello es necesario, y al mismo tiempo controlar la carga de agua de acuerdo a las demandas de la obra.

Peña, E. (2000) expresa que se constituyen en ríos poco profundos con tirante variable, su función es asegurar la carga mínima subiendo en paralelo. Va acompañada de una toma directa, el dique es un obstáculo que se coloca perpendicular a la dirección del flujo con alturas que oscilan entre 50 cm y 3 m.

2.2.9.2.4. Toma de fondo.

Peña, E. (2000) señala que las formas típicas en los paisajes de montaña se emplean cuando la pendiente natural del terreno es mayor al 10%, ya que dicha condición no permite construir ni toma directa ni toma de derivación, es muy común en acueductos naturales y sistemas de riego de valles altos; consiste en una rejilla colocada sobre un pequeño dique no mayor de 50 cm de altura, la rejilla de toma es una obra cuadrada llamada "caucasiana".

2.2.10. Obras de almacenamiento.

Peña, E. (1980) refiere la importancia que estos tienen en el diseño de un sistema de distribución de agua, permite compensar las variaciones de los consumos producidos durante el día y mantiene las presiones de servicio en la red de distribución; además de mantener el agua almacenada para atender situaciones de emergencia, causadas por daños e interrupciones en las tuberías de aducción.

Torres, Y. (2010) indica que un estanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

1.-. Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.

2.-. Mantener las presiones de servicios en la red de distribución

3.-. Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia, tales como: incendios e interrupciones por daños de tuberías de aducción o de estaciones de bombeo.

2.2.10.1. Tipos de estanques.

Los estanques pueden ser construidos directamente sobre la superficie del suelo o sobre torre cuando por razones de servicio se requiera elevarlos. Los estanques son generalmente de concreto armado de forma rectangular o cilíndrica, también los hay de metal que van a depender de los requerimientos del diseño. Peña, E. (2000).

El mismo autor clasifica los estanques en: estanques de concreto y metálicos.

Estanques de concreto: son usados por razones de corrosividad, ya que su resistencia lo hace a largo plazo, más económico por requerirse un mantenimiento menos oneroso.

Estanques metálicos: la ductilidad del material permite el aprovechamiento de forma circular, con lo cual se logra la mayor absorción de esfuerzos por el material.

2.2.11. Desarenador.

En la línea de aducción por gravedad puede considerarse una estructura casi obligada el diseño de una tanquilla desarenadora, ya que generalmente la captación de una fuente superficial permite el paso de

materiales de cierto tamaño, sobre todo en época lluviosa, lo cual arruinaría el sistema o provocaría desajustes por obstrucción en muy corto tiempo.

Un desarenador es un dispositivo que permite la retención de agua, de tal modo que las partículas de arena puedan decantar como resultado de las fuerzas de gravedad y de otras fuerzas, generalmente son tanquillas de flujo horizontal manteniendo el caudal de salida igual al caudal de entrada.

Para el diseño de un desarenador se deben considerar los siguientes factores.

- Gasto o caudal de diseño.
- Tamaño de las partículas a remover.
- Concentración de arena.
- Temperatura del agua.
- Dispositivo de control.

El diseño deberá definir cuatro zonas:

1. Zona de sedimentación: la cual determinara el volumen útil de sedimentación. Largo, ancho y profundidad, en relación tal que permitan sedimentar las partículas del tamaño deseado.
2. Zona de entrada: la cual permitirá los dispositivos convenientes para mantener una distribución uniforme de velocidad en la sección transversal de la zona de sedimentación.
3. Zona de salida: Deberá determinarse cuidadosamente para evitar velocidades altas que permitan la resuspension de las partículas.
4. Zona de lodos: la cual permitirá el almacenaje de las partículas sedimentadas, entre periodos de limpieza pre-establecidos. Dispositivos de limpieza y de rebose, para el control y mantenimiento eficiente del sistema. Debe tener una pendiente mínima del 10% que permita el deslizamiento de la arena hacia el canal de limpieza de los sedimentos.

Un proceso ordenado de diseño sería:

1. Determinar la velocidad de sedimentación número de Reynolds para un determinado diámetro de partícula y temperatura de agua, mediante la aplicación de la Ley de Stokes, Allen (método gráfico de Fair y Geyer) o Newton, según corresponda a un régimen laminar, de transición o turbulento; dichas leyes corresponden las Ecuaciones 2.27, 2.28 y 2.29 respectivamente:

$$V_s = \frac{1}{18} g \left(\frac{\rho_a - \rho}{\nu} \right) d^2 \text{ Stokes} \quad \mathbf{2.27}$$

$$V_s = 0,22 \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} g \right)^{2/3} \left[\frac{d}{(\mu/\rho^{1/3})} \right] \text{ Allen} \quad \mathbf{2.28}$$

$$V_s = 1,82 \sqrt{dg \left(\frac{\rho_a - \rho}{\rho} \right)} \text{ Newton} \quad \mathbf{2.29}$$

Donde:

v_s : velocidad de sedimentación (m/s)

g : gravedad (m/s²)

ρ_a : densidad del agua (kg/m³)

ρ : densidad de los sedimentos (kg/m³)

ν : viscosidad cinemática del agua (cm²/s)

d : diámetro de las partículas

El número de Reynolds (Re) que indica la naturaleza del flujo, laminar o turbulento, el cual relaciona las fuerzas inerciales de un flujo en movimiento y las fuerzas viscosas del mismo y se determina por la siguiente Ecuación. Duran (2011).

$$Re = \frac{V_* d}{\nu} \quad \mathbf{2.30}$$

Dónde.

v : velocidad media del fluido (m/s)

d : diámetro de las partículas (cm)

ν : viscosidad cinemática del agua (cm²/s)

Se determina el coeficiente de arrastre (CD) (ley de Allen) con la Ecuación 2.31, con el valor del número de Reynolds a partir del nuevo valor de Vs hallado.

$$C_d = \frac{24}{Re} + \frac{3}{\sqrt{Re}} + 0,34 \quad \mathbf{2.31}$$

La velocidad real de sedimentación se determina por medio de la siguiente Ecuación

$$V_s = \sqrt{\frac{4 * g}{3 * C_d} * (S - 1) * d} \quad \mathbf{2.31}$$

2. Determinar la velocidad de arrastre para el tamaño de partículas seleccionado, mediante la aplicación de la expresión de Camp y Shield.
3. Seleccionar una velocidad horizontal inferior a la velocidad de arrastre. Un coeficiente de seguridad del orden de 1/2 a 1/4.
4. Calcular el área transversal requerida, en función del gasto y la velocidad horizontal asumida por medio de la siguiente Ecuación.

$$A_t = \frac{Q}{V_h} \quad \mathbf{2.32}$$

Donde:

A_t: area trasversal (m²)

V_h: velocidad horizontal (m/s)

Q. Cauda que llega al desarenador (m³/s)

5. Calcular un área superficial en función de la relación entre velocidad horizontal y velocidad vertical o de sedimentación.

$$A_s = \frac{V_h}{V_s} * A_t \quad \mathbf{2.33}$$

6. Conocidos A_s y A_t, fijamos dimensiones A_s=L*a; A_t=Pa, de forma de lograr la mejor relación entre largo, ancho y profundidad, que permita

disminuir los factores adversos, tales como corrientes cruzadas, dificultades de limpieza y mantenimiento, existencia de puntos muertos, cortocircuitos; lo cual se logra con estructuras generalmente largas (relación L/P 5 a 9 es recomendable) con anchos no menores de 0,60 m y profundidad que permitan economía y eficiencia del sistema.

El cálculo de la altura del vertedero de salida de longitud de cresta se determina a través de la siguiente ecuación:

$$H_v = \left[\frac{Q}{1.84B} \right]^{2/3} \quad \mathbf{2.34}$$

DONDE:

H_v : altura de salida del agua sobre el vertedero (m)

B: ancho del desarenador (m)

Q: caudal de entrada al desarenador.

Para el diseño de la pantalla difusora se tiene:

Se asume una velocidad de paso entre los orificios.

Se determina el área total de los orificios por medio de la Ecuación:

$$A_o = \frac{Q}{v_o} \quad \mathbf{2.35}$$

Donde:

A_o : área total de la pantalla difusora (m^2)

Q: caudal que llega al desarenador (m^3/s)

v_o : velocidad asumida del paso del agua por cada orificio (m/s)

Se adopta un diámetro de orificio de acuerdo al área que se tenga.

Se determina el número de orificios mediante la siguiente ecuación:

$$n = \frac{A_o}{a_o} \quad \mathbf{2.36}$$

Dónde:

Ao: área total de los orificios

ao: área asumida para cada orificio.

La porción de altura de la pantalla difusora con orificios se determina a través de la siguiente ecuación:

$$h_{pf} = H - 2/5H \quad \mathbf{2.37}$$

Dónde:

h_{pf}: es la altura de la pantalla difusora con orificios.

Se asume un número de filas de orificios (nf) y un número de columnas (nc).

Se determina el esparcimiento entre filas (al)

según la Ecuación:

$$al = \frac{h_{pf}}{nf} \quad \mathbf{2.38}$$

El esparcimiento entre columnas se determina con la ecuación.

$$a2 = \frac{B - al(nc - 1)}{2} \quad \mathbf{2.39}$$

2.3. Bases legales

Artículo 127º de la Constitución Nacional:

Es un derecho y un deber de cada generación proteger y mantener el ambiente en beneficio de sí misma y del mundo futuro. Toda persona tiene derecho individual y colectivamente a disfrutar de una vida y de un ambiente seguro, sano y ecológicamente equilibrado. El Estado protegerá el ambiente, la diversidad biológica, los recursos genéticos, los procesos ecológicos, los parques nacionales y monumentos naturales y demás áreas de especial importancia ecológica. El genoma de los seres vivos no podrá ser patentado, y la ley que se refiera a los principios bioéticos regulará la materia.

Es una obligación fundamental del Estado, con la activa participación de la sociedad, garantizar que la población se desenvuelva en un ambiente libre de contaminación.

Artículo 304º de la Constitución Nacional:

Todas las aguas son bienes de dominio público de la Nación, insustituibles para la vida y el desarrollo. La ley establecerá las disposiciones necesarias a fin de garantizar su protección, aprovechamiento y recuperación, respetando las fases del ciclo hidrológico y los criterios de ordenación del territorio.

Artículo 16º de la Ley de Aguas:

Las regiones hidrográficas, cuencas hidrográficas, provincias y cuencas hidrogeológicas se considerarán unidades espaciales de referencia para la organización institucional y el manejo de las aguas superficiales y subterráneas, según lo previsto en esta Ley.

Artículo 18º de la Ley de Aguas:

El manejo de las aguas comprenderá la conservación de las cuencas hidrográficas, mediante la implementación de programas, proyectos y acciones dirigidos al aprovechamiento armónico y sustentable de los recursos naturales. Por lo tanto la conservación de las cuencas hidrográficas considerará las interacciones e interdependencias entre los componentes bióticos, abióticos, sociales, económicos y culturales que en las mismas se desarrollan.

Artículo 31º de la Ley de Aguas:

El Presidente o Presidenta de la República, en Consejo de Ministros y Ministras, mediante Decreto, podrá crear Consejos de Cuenca Hidrográfica, en aquellas cuencas cuya complejidad, importancia relativa u otra situación particular así lo justifique. La creación se realizará por recomendación de los Consejos de Región Hidrográfica y el aval del Consejo Nacional de las Aguas.

Artículo 34° de la Ley de Aguas:

Los Consejos de Cuenca Hidrográfica tendrán a su cargo las funciones referentes a la elaboración, aprobación, ejecución y supervisión de la propuesta del Plan de Gestión Integral de las Aguas de la respectiva Cuenca Hidrográfica; así como las correspondientes, a los Consejos de Región Hidrográfica que le sean atribuidas en el Decreto de creación.

Artículo 49° de la Ley Orgánica del Ambiente:

El aprovechamiento de los recursos naturales y de la diversidad biológica en las diferentes cuencas hidrográficas, ecosistemas, áreas naturales protegidas, áreas privadas para la conservación y demás áreas especiales, estará sujeto a la formulación e implementación de los respectivos planes de manejo. En los correspondientes instrumentos de control se fijarán las condiciones y limitaciones a las que queda sometida la actividad.

Artículo 57°, numerales 5 y 7 de la Ley Orgánica del Ambiente:

Sobre la conservación y calidad del agua: La protección integral de las cuencas hidrográficas. Y en el seguimiento continuo de los usos de la tierra y sus impactos sobre las principales cuencas hidrográficas, que abastecen de agua a las poblaciones humanas y los sistemas de riego de las áreas agrícolas.

Artículo 66°, La autoridad Nacional Ambiental establecerá y mantendrá el registro de Información Ambiental, el cual deberá contener los datos biofísicos económicos y sociales, así como la información legal, relacionados con el ambiente. Los datos del registro son de libre consulta y se deberán difundir periódicamente por medios eficaces cuando fueren de interés general.

El registro al que se refiere el artículo anterior deberá contener a menos los siguientes aspectos:

Artículo 67°, de la Ley Orgánica del Ambiente

Del registro de información ambiental:

Los inventarios de sistemas ambientales.

Los inventarios de recursos hídricos

Los inventarios de cuencas hidrográficas.

En función de estas normativas legales, las áreas naturales deben ser concebidas como partes integrantes de un gran sistema, en el cual interactúan los diversos actores y variables, en materia de áreas naturales protegidas, por ello, se deben unir esfuerzos orientados a la concreción de acciones, más que al establecimiento de enunciados. Estas acciones deberán atender lo relativo a coordinación y cooperación, participación, financiamiento y seguimiento. Además de impulsar la planificación estratégica del recursos hídrico para mejorar y preservar la calidad del ambiente.

bdigital.ula.ve

2.4. Mapa de variables

Objetivo general: Realizar una evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes.			
Objetivos Específicos	Variable	Dimensiones	Indicadores
Describir las cuencas hidrográficas y evaluar los recursos hídricos con que cuenta la estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes para realizar la planificación de los mismos.	Planificación en la captación	-Disponibilidad de los recursos hídricos -Delimitación geográfica	-Estudio hidrológico. -Área de ubicación (cuenca) -Sistemas de Información Geográfica (SIG)
Determinar cuál de las fuentes de agua presentes en la zona cubren la demanda hídrica de la estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes.		-Fuente de agua -Demanda de la finca	-Relieve -Caudal
Conocer las características fisicoquímicas y biológicas realizadas por estudios anteriores del recurso hídrico presente, para constatar si este reúne las condiciones organolépticas necesarias para el consumo animal y el riego de cultivos.		-Estudio fisicoquímico -Estudio biológico -Condiciones organolépticas -Consumo animal -Riego de cultivos	-pH, olor, color y sabor -organismos inorgánicos y los gases, litros
Elaborar los diseños de las obras hidráulicas convenientes para la captación y almacenamiento en la zona de estudio.		-obra de captación y almacenamiento	-Demanda hídrica de la finca

CAPITULO III

MARCO METODOLOGICO

En general se puede afirmar que el marco metodológico permitió conocer el tipo de investigación, las técnicas y los procedimientos que se utilizaron para realizar la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

3.1. Tipo de investigación.

Este tipo de investigación es proyectiva ya que se propuso una solución para garantizar la planificación en la captación del agua con el fin de mantener la productividad e incrementar la producción de una manera progresiva, para ello el representante de la finca colaboró con la indagación realizada con la finalidad de dar a conocer los cultivos implantados así como los que se quieren implantar en la finca, los cuales resultaron ser la caña de azúcar y pasto.

Considerando los proyectos que posee la finca y para poder cumplir con los objetivos planteados se tomó como métodos y técnicas propias la perspectiva que según Hurtado (2006) es la que implica ir en la planificación desde el presente hacia el futuro.

Esta investigación a su vez se enmarcó dentro de las investigaciones de tipo descriptivo, ya que para su desarrollo se aplicaron ciertas técnicas específicas para la recolección de información, como la revisión de los documentos elaborados por otros investigadores: recolección de datos, ellos sin necesidad de manipular variables.

Al respecto de la investigación Descriptiva es aquella que comprende la descripción, registro y análisis e interpretación de la naturaleza actual y la composición de los fenómenos. Tamayo (2001).

3.2. Diseño de investigación.

El diseño de investigación es la estrategia general que se adapta para responder a la problemática planteada haciendo explícitos los aspectos operativos de la misma. El diseño de esta investigación es un diseño de campo ya que para la evaluación de la disponibilidad de los recursos hídricos, fue necesario realizar la recolección de datos reales (ambiente natural) fuentes vivas, lo que facilitó la obtención de la información relevante que ayudó a determinar la disponibilidad de los recursos hídricos, adecuándolo a las necesidades e información requeridas a la hora de realizar un estudio de impacto agroambiental. Hurtado (2006).

3.3. Técnicas e instrumentos de investigación

Las técnicas así como los instrumentos que se utilizaron para llevar a cabo la evaluación de la disponibilidad de los recursos hídricos fueron las que se describen a continuación para así cumplir con los objetivos planteados:

3.3.1. Recopilación de información básica

Se consultaron textos, trabajos de investigación, proyectos de grado anteriores, artículos de revistas, sitios web, ministerios gubernamentales, entre otros, para obtener información necesaria del presente trabajo y del área de estudio referente a:

- Características del área de estudio (ubicación político-administrativo, geográfica, hidrológica, relieve, entre otros).

- Información climática, necesaria ya que aportó información útil que justifica la evaluación de los recursos hídricos tales como: clima, vientos, temperatura y humedad relativa, ya que ellos influyen directamente sobre la humedad del suelo y por lo tanto afectan las condiciones fisiológicas de las plantas disminuyendo su productividad, con las temperaturas mínimas y máxima se determinó la evapotranspiración (ET_o) de la zona.
- Información hidrológica, se logró por medio de trabajos ya realizados en el área de estudio sobre las fuentes de agua que pueden satisfacer la demanda hídrica de la finca, que son la quebrada La Beticó y el río Monaycito, además se tomó la información de las precipitaciones máximas y mínimas, las cuales se utilizaron para calcular la precipitación efectiva de la zona.
- Información de suelos, con la revisión de los trabajos de grado realizados anteriormente en la finca se determinó que la misma cuenta con análisis de suelos en casi toda su extensión; para efectos de la programación del riego se tomó la información de los trabajos realizados más recientemente.
- Cartografía de la zona, se revisó la cartografía digital existente aportada por el representante de la finca en la que se encontró toda la información del uso del suelo de la finca El Reto; es decir; la cantidad de superficie abarcada por la caña de azúcar, las divisiones de los potreros así como la rotación de los potreros, información que resultó de suma utilidad al momento de programar el riego; también se logró delimitar la cuenca de la quebrada La Beticó y el río Monaycito, para ello se buscaron las hojas cartográficas necesarias para hacer la delimitación de las cuencas, teniendo en cuenta la disposición de las curvas de nivel y los drenajes, dichas hojas como se encontraron en coordenadas Canoa fueron llevadas

a Regven desplazando la cartografía 210,10 m a la izquierda y 364,80 m hacia abajo, todo ello se realizó con el programa AUTOCAD.

- Cantidad y calidad del agua para riego y consumo animal; en la finca El Reto se han realizado una serie de trabajos de grado con fines de riego, por lo que se tiene una serie de información acerca de la disponibilidad del recurso hídrico así como de la calidad de los mismos, por lo que se recopiló toda esa información que proporciona datos útiles para la planificación del riego. Así mismo sobre los límites del uso del agua; el cual arrojó como resultado que es apta para riego y consumo animal y no apta para consumo humano.

3.3.2. Etapa de campo

Dentro de los terrenos de la finca “El Reto” se realizó una serie de actividades de campo para recopilar información necesaria requerida para la elaboración del diseño de las obras hidráulicas a implementar. Estas fueron:

- Visita y recorrido a los terrenos de la finca junto al representante de ésta, con el propósito de localizar el sitio más idóneo de las futuras obras a construir (apoyándose también en la cartografía de la zona), teniendo en cuenta criterios económicos, topográficos, geológicos (geotecnia, mecánica de suelos) y ambientales, utilizando para ello los programas Autocad, ArcMap 9.3, mapsource y topocal.
- Levantamiento topográfico detallado en el área específica seleccionada en conjunto con el representante de la finca para la futura obra de captación y obra de almacenamiento. Este levantamiento se realizó en el punto donde se llevó a cabo el aforo (punto de toma) utilizando para ello los equipos topograficos . Se tomaron puntos aguas arriba y aguas abajo del punto de toma, con lo que se elabora el perfil de la quebrada en ese

punto, además se levantó el sitio donde se ubicará la infraestructura de almacenamiento del agua para riego.

- En el lugar seleccionado donde estará asentada la obra de almacenamiento, se tomaron muestras de suelo que fueron llevadas al “laboratorio de materiales y ensayos” de la ULA NURR para su posterior análisis, análisis que con orientación de la encargada del laboratorio de mecánica de suelos del laboratorio de materiales procedimos a determinar la capacidad de soporte.
- Se realizó un aforo en la quebrada La Beticó cercano a la zona donde se realizaran las obras de captación y almacenamiento respectivamente.

3.3.3. Determinación de la demanda hídrica de la finca “El Reto”

En esta etapa se estimó la cantidad hídrica que demanda la finca en general. Se tomó en cuenta el agua para consumo animal, mantenimiento de las instalaciones y de riego, para lo cual se utilizó el Software Eto calculator, Cropwat 8.0 y hojas de cálculo (Excel), estos programas fueron utilizados solo para la estimación de las demandas de agua por riego.

3.3.4. Elaboración de planos

Con la información obtenida en el levantamiento topográfico, los cálculos de las medidas del dique-toma, línea de aducción, desarenador y el tanque de almacenamiento se realizaron los respectivos planos específicos correspondientes a cada uno. Estos se elaboraron con el Software de AutoCAD.

3.3.5. Diseño de las obras de captación y almacenamiento

Se estudiaron las alternativas de obras de captación, desarenador y almacenamiento y se seleccionó como obra de captación (presa de

derivacion) y desarenador de concreto armado y para la de almacenamiento se seleccionó un tanque australiano, considerando para ello criterios económicos y socioculturales.

Teniendo la demanda hídrica de la finca, se procedió a determinar el volumen de agua necesaria para almacenarla, tomando en cuenta el volumen de reserva para un tiempo estimado de 24 horas, igualmente para una contingencia y mantenimiento.

3.3.6. Materiales y Métodos

Los trabajos de campo requieren de materiales y equipos que en conjunto al método utilizado arrojan resultados que son útiles para posteriormente tomar decisiones.

El aforo se realizó en la quebrada La Beticó con coordenadas 336571, 1062913, para ello se utilizó:

Molinete Tipo GURLEY 622.

Cronómetro.

Cinta métrica.

Machete.

GPS.

Cámara fotográfica.

Hojas y lápiz.

Con la orientación del representante de la finca y en colaboración del ministerio del ambiente, el equipo (molinete tipo GURLEY 622) y en compañía con un técnico, se procedió a realizar la toma de los datos para el posterior cálculo del caudal de la quebrada La Beticó.

El molinete es un aparato con un elemento rotatorio (hélice) que gira alrededor de un eje horizontal, debido a la acción de una corriente fluida sobre él. Las casas constructoras de molinetes relacionan la velocidad (m/s)

de un fluido en un punto con la velocidad angular (N en rev/s) del molinete mediante la Ecuación 3.1

$$V=a+b*N \quad (3.1)$$

Donde:

a = es la velocidad de arranque necesaria para superar el rozamiento (m/s)

N = velocidad angular (rev/s)

b = es un coeficiente de corrección

Los valores de a y b dependen del tipo del molinete y de la velocidad de rotación del mismo.

Debido a que la velocidad del fluido en un canal no es uniforme en toda la sección, se determina la velocidad en varios puntos para multiplicarla por sus respectivas áreas tributarias y establecer su sumatoria para obtener el gasto total (Q).

De acuerdo con la profundidad del canal o río, se pueden hacer las lecturas de velocidad, tomando una de las siguientes opciones:

1. Se divide el canal en varias secciones verticales imaginarias y se toman las lecturas en puntos a separación constante, al 20%. 40%. 60% y 80% de la profundidad de flujo.
2. Se toman las lecturas en cada vertical al 20% y 80% de la altura total.
3. Se toma en cada vertical una lectura de 60% de la altura total a partir de la superficie.

Este método que fue aplicado con las adaptaciones respectivas en una sección transversal del cauce, ubicada donde se proyectará la obra de captación, utilizó el siguiente procedimiento:

- ✓ Se procedió a limpiar y dividir en tramos la sección transversal de la quebrada. Tramos de igual longitud en la horizontal.

- ✓ Empleando un molinete Tipo GURLEY 622, se procedió a las lecturas de las revoluciones según la opción 01, a las profundidades de 20% y 80% al 20%. 40%. 60% y 80% de la profundidad de flujo, en todas las divisiones de la sección.
- ✓ Luego de obtener las revoluciones con el molinete, se calculó el caudal de la quebrada La Beticó, cálculo que realizó el Ministerio del Ambiente.



Figura 3.1. **Sitio de la realización del aforo**

Para la realización del levantamiento topográfico del sitio donde se construirán las obras de infraestructura se utilizaron los siguientes materiales e instrumentos:

- Teodolito.
- Cinta métrica.
- Jalones.
- Niveles de mano.
- Miras.
- GPS.
- Machete.

Cámara fotográfica

Hojas y lápiz.

Con los datos tomados en campo, se procedió a realizar los cálculos de las coordenadas y la cota, para luego ser procesados en el topocal y posteriormente en el autocad, donde se ubicó y se obtuvo el área.



Figura 3.2. Levantamiento topográfico

En la toma de muestra de suelo para la realización de la prueba de capacidad de soporte los materiales utilizados fueron:

Pico

Pala

Barra

Bolsas plásticas

Metro

Cámara fotográfica

Hojas y lápiz

Para tal fin se recolectaron 26 kg de la muestra, la misma fue recopilada del sitio donde se pretende construir el tanque de almacenamiento. Dicha muestra se tomó a las profundidades de 60 y 100cm respectivamente; lo que implicó la realización de una calicata.



Figura 3.3 **Calicata**

Las muestras se pusieron a secar y posteriormente fueron llevadas al laboratorio de mecánica de suelos del NURR, para la realización del análisis granulométrico de las mismas.



Figura 3.4. Procesamiento de las muestras

3.3.7. Elaboración del cálculo de la inversión inicial de las obras

Se computaron los costos de materiales, mano de obra, transporte, entre otros para la elaboración del presupuesto para ello se utilizó el lulowin.

3.4. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.

Las técnicas que se utilizaron para el procesamiento de los datos fueron softwares tales como AutoCAD, topocal, ArcMap 9.3, Cropwap 8.0, ETo calculator, mapsource, lulowin y hojas de cálculo Excel.

CAPÍTULO IV

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

La estación experimental Rafael Rangel finca El Reto de la Universidad de Los Andes, es una unidad de producción donde se desarrollan actividades agropecuarias, tiene una superficie de 347,26 Ha según Conquet y Terán (2012), de las cuales 64,50 Ha producen caña de azúcar y 128,84 Ha son destinadas al cultivos de pastos todo ello para el consumo de un sistema de producción de bovino de doble propósito, cuenta con 52,07 Ha de área protegida, 3,40 Ha de preservación, además de otras áreas donde se tienen otros cultivos (mandarina, naranja, cambur, entre otros) para el consumo propio de la finca y las instalaciones de apoyo a la producción tal como se observa en la Figura 4.1 del uso del suelo.

4.1. Ubicación del área de estudio

Ubicación Política: La Estación Experimental “El Reto”, está ubicada desde punto político – administrativo, en el sector La Catalina – Vega Grande, de la parroquia Flor de Patria, Municipio Pampán del estado Trujillo Ver figura N° 4.4.

Ubicación geográfica: Está localizada en las coordenadas:

Latitud Norte: 09° 35´ 00’’ y 09° 37´ 19’’; **Latitud Oeste:** 70° 27´ 00’’ y 70° 31´ 39’’, y con una **altitud (m.s.n.m.)** 270 – 300.

Límites naturales de la Estación Experimental “El Reto”:

Norte: Limita con el río Monaycito.

Sur: Limita con la carretera que conduce a los centros poblados El Macoyal y La Catalina.

Este: Limita con la Quebrada La Beticó.

Oeste: Limita con la Quebrada La Catalina.

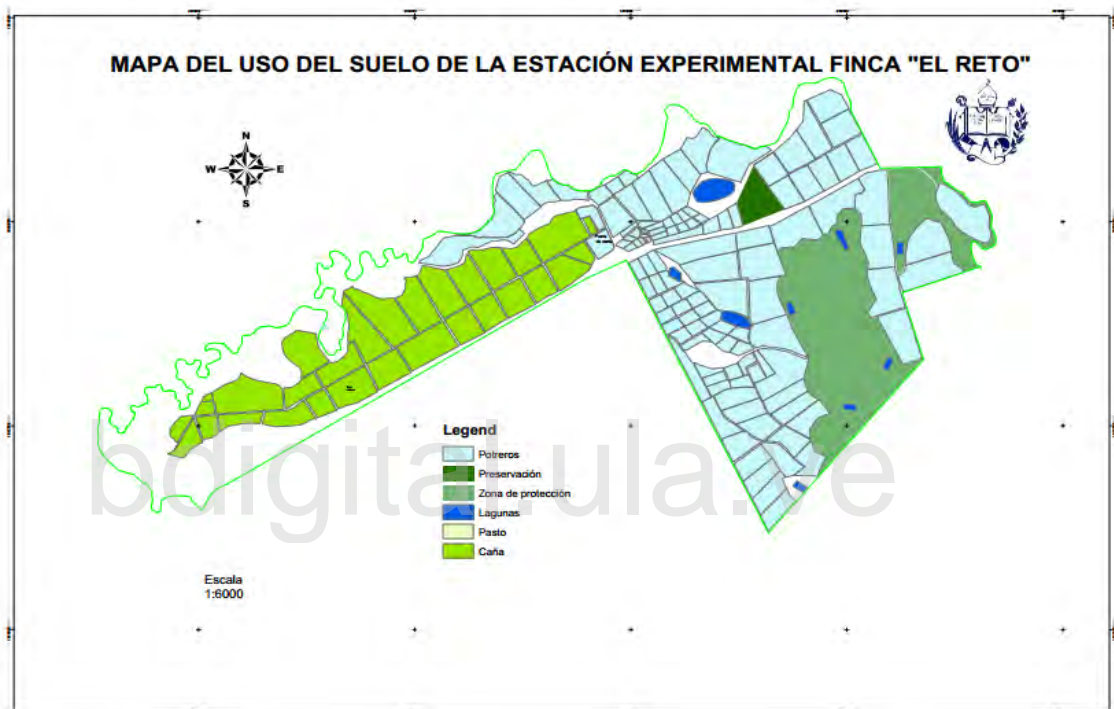


Figura 4.1

Vías de acceso.

La vía para acceder a la Estación Experimental "El Reto" parte de la población de Monay en dirección Sur-Norte siguiendo la local 02 (L002), hasta llegar a la intersección con la sub-ramal 32 (S032), siguiendo en dirección este atravesando las comunidades de las Cocuizas y El Macoyal, con un recorrido total de 8 km aproximadamente. La vía de acceso que conduce a la Estación Experimental se encuentra en condiciones regulares con tramos pavimentados y de tierra.

4.2. Aspectos Físicos – Ambientales.

Entre los aspectos físico-ambientales que caracterizan la zona de estudio tenemos:

4.2.1 Relieve y topografía.

El valle de Monaycito presenta un relieve plano y ligeramente ondulado, con variaciones de elevaciones que oscilan entre 172 y 400 m.s.n.m., en la parte más baja y alta respectivamente. La variable topográfica se presenta bastante regular con variaciones de pendiente entre 0,5 y 5% predominando las pendientes menores de 3%. CORPOANDES (1974) citado por Conquet y Terán (2012).

4.2.2 Suelo.

En el área donde se llevó a cabo esta investigación existen estudios que permiten conocer las posibilidades y limitaciones de los suelos. Según CORPOANDES (1974) citado por Maldonado (1998) los suelos de la zona de estudio se han formado sobre sedimentos aluviales provenientes de diferentes formas geológicas que afloran en la cuenca del río Monaycito, así como materiales depositados en épocas diferentes, con lo cual da un aspecto sumamente amplio de formaciones de suelos.

En la zona existen diferentes tipos de suelos genéricos, correspondiendo más del 50% a suelos alfisoles, clasificados taxonómicamente de la forma presente tal como se aprecia en la Tabla 4.1:

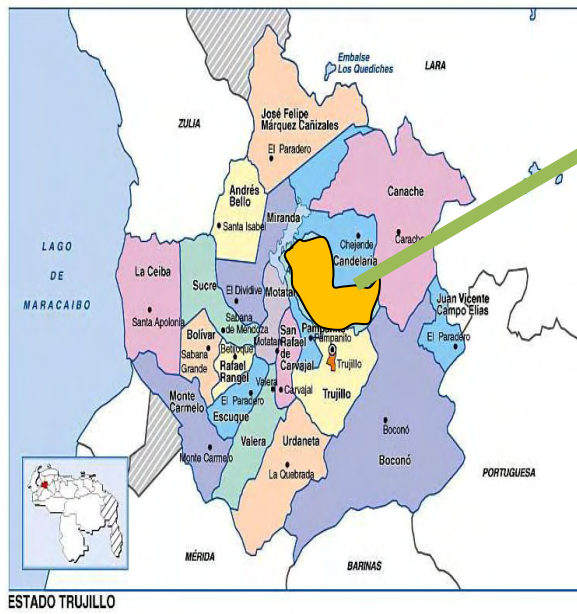


Figura 4.2. Mapa estado Trujillo

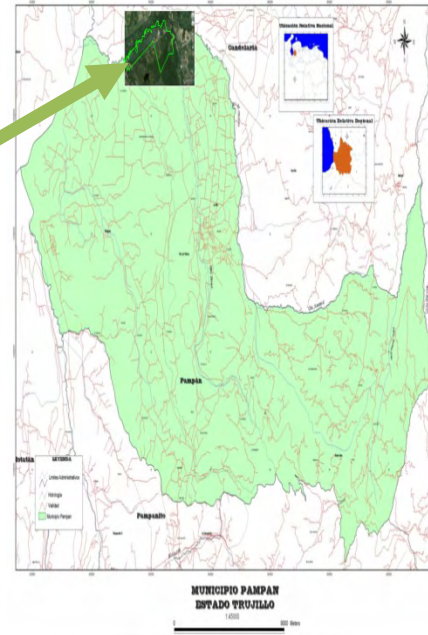


Figura 4.3. Mapa municipio Pampán



Figura 4.4. Ubicación relativa finca El Reto

Tabla 4.1. Clasificación de los suelos predominantes

Orden	Grupo	subgrupo	Familia
Alfisoles	Paleustalfs	Typic Paleustalfs	Todos
		Aquic Paleustalfs	Isohipertermicos
		Ultic Paleustalfs	Franco-Fino
		Oxic Paleustalfs	Arcillo-Fino
			Limoso-Fino
		Franco-Fino	
	Plinthustalfs	Aquoxicplinthustalf	Franco Fino

Adaptado por Maldonado (1998) de CORPOANDES (1974)

Por otra parte Castro (2008) cita a Briceño y Briceño (2005) en un informe elaborado para el Central Azucarero La Pastora donde realizaron un estudio de suelos en la estación experimental El Reto, el cual presenta un plano moderadamente bien drenado, con una posición geomorfológicamente de napa de limo de desborde.

Los suelos presentaron las siguientes características: suelos profundos; textura franco arcilloso en el horizonte A, franco arcilloso en la parte superior del horizonte B hasta 50cm, francos a mayor profundidad; horizonte A de color amarillento, marrón amarillento claro a mayor profundidad con manchas grises, marrón claro debajo de 80 cm; estructura blanca subangular de grado moderado y tamaño mediano en horizonte A, blocosa subangular de grado moderado y tamaño grande; consistencia adhesiva y muy plástica en horizonte A, adhesiva y plástica en el resto del perfil; reacción débil en horizonte A y parte superior del B, reacción moderada a mayor profundidad; películas de arcilla discontinuas, moderadamente espesas en horizonte B; horizonte A moderadamente

alcalino, fuertemente alcalino en el resto del perfil; contenidos de fósforos bajos; niveles medios de potasio en horizonte A, bajos en el resto del perfil; niveles bajos de materia orgánica; horizonte A, salino y ligeramente salino hasta 50 cm de profundidad. Por lo expuesto anteriormente la clasificación taxonómica y composición según Jiménez (1995) en dicho informe es: *Typic Haplustaf*, francosa fina 70% y *Typic haplustaf*, arcillosa fina 10%.

A su vez Conquet y Terán (2012) y otros investigadores, dicen que los suelos de la estación experimental tienen un perfil textural clasificado en los rangos de franco en la gran mayoría y en algunos casos con mayor cantidad de arena (franco arenoso) y en menor cantidad de limo y arcilla (Franco limoso). El pH oscila entre 5,4 y 8,6 lo que indica que son suelos con variables de alcalinidad y acidez. Los valores de conductividad eléctrica reflejan que no existe problema de salinidad en gran parte de la estación experimental, respecto a la presencia de los nutrientes calcio (Ca), potasio (K), fósforo (P) y magnesio (Mg) los valores oscilan entre bajo y medio. El porcentaje de materia orgánica oscila entre medio y bajo. Los porcentajes de carbono y nitrógeno tienen parámetros que oscilan entre muy bajo y bajos.

4.3. Aspectos Climáticos.

Son determinantes en el momento de realizar una investigación, entre ellos tenemos:

4.3.1. Clima.

Es el resultado que se obtiene en un lugar determinado al conjugarse los diferentes fenómenos meteorológicos, que determinan el estado medio de atmósfera; en tal sentido es importante determinar los valores de los elementos que los constituyen, ya que estos son las herramientas básicas en todo proyecto de desarrollo agrícola a implementar en determinada zona. Castro, A. (2008).

En ese sentido para analizar este aspecto se contó con la información obtenida de la estación climatológica Guamas de Monay, instalada por el Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables, Serial 2146, tipo C-3, la cual por su ubicación es la que ejerce mayor influencia sobre el área de interés. La posición astronómica de la citada estación, corresponde a las coordenadas $9^{\circ}38'07''$ de latitud norte $70^{\circ}25'00'$ de longitud oeste, lo cual permite confirmar la cercanía de la misma al área bajo estudio.

De acuerdo a la clasificación de Köppen, la cual se fundamenta en la distribución de elementos climatológicos como son temperatura y precipitación; la zona donde se encuentra el área de interés se caracteriza como clima de sabana tropical (HW), por presentar temperaturas mayores de 18°C en el mes más frío encontrándose precipitación promedio anual entre los 1000- 1500 mm y precipitaciones mayores de 60 mm en el mes de menos insolación.

Las variables climáticas consideradas son: precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación y viento, debido a que son las más determinantes al momento de realizar una planificación del suministro de agua de un área en estudio.

4.3.2. Precipitación.

En los registros obtenidos por la estación experimental, la zona de estudio se caracteriza por presentar una precipitación media mensual no menor a 39,22 mm en el mes de Febrero en el período 2002 – 2010, siendo de régimen bimodal el patrón de distribución característico de esta zona, es decir, que se presentan dos picos en la distribución anual de la precipitación, uno en abril y el otro en el mes octubre – noviembre. Conquet, E., & Terán, (2012).

Tabla 4.2.Registro de Precipitación promedio mensual entre los años 2002–2010

Año	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
2002	35	87	36	186	122	19	13	58	157	152	16	0
2003	0	6	14	159	21	78	100	81	129	127	167	128
2004	97	91	28	134	84	100	129	104	122	319	323	134
2005	106	91	28	134	84	100	129	104	122	319	323	134
2006	96	17	201	129	05	55	80	15	286	250	262	86
2007	61	0	150	97	65	10	0	295	75	230	16	107
2008	45	66	52	108	52	107	138	139	60	224	145	0
2009	24	44	84	92	123	37	6	122	128	130	153	105
2010	40	37	90	118	107	111	137	231	399	166	432	152
Prom	56	48.78	75.89	128.56	84.78	68.56	81.34	127.67	164.23	213	204.12	94

Fuente. Conquet y Terán (2012).

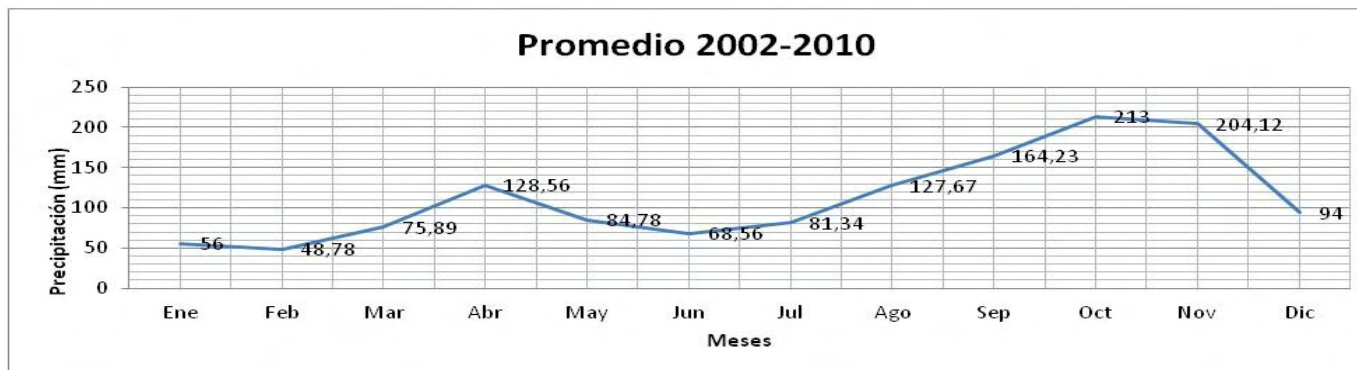


Figura 4.5. Precipitación promedio

4.3.3. Temperatura.

Los datos de temperatura media mensual estimada en °C, pertenecen a la estación Guamas de Monay en un período de 9 años y se presentan en la Tabla 4.3. Su distribución según la gráfica 4.2 indica que la zona presenta características típicas del trópico, con temperatura relativamente uniforme durante todo el año, observándose la temperatura mínima no menor al 23 °C y la máxima no mayor a los 28°C.

4.3.4. Humedad Relativa.

El estudio realizado por CORPOANDES (1973), citado por Perdomo (2002), determinó que el valor de la humedad relativa es de 63%.

4.3.5. Evaporación.

La estación Guamas de Monay en el período 1964 – 1983, el promedio anual de evaporación es de 2199 mm, donde se observa el máximo valor mensual en el mes de marzo, siendo este igual a 199,9 mm y el mínimo valor se registró en el mes de diciembre con 146,9 mm.

4.3.6. Viento.

No se tienen registros en cuanto a la velocidad de los vientos en la zona pero según CORPOANDES (1973), se estima que la dirección de los vientos es en sentido este – oeste, con velocidades entre ocho y doce kilómetros por hora.

Tabla 4.3. Variación de la temperatura entre los años 1999 – 2007.

Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
1999	25,1	26,3	27,2	27,4	27	27,1	26,3	26,3	26,4	26,6	26,5	25,1
2000	25,3	25,5	26,5	26,4	26	26,1	26,7	26,6	26,1	26,7	25,6	25,8
2001	25,3	25,5	25,8	25,8	26,3	26,8	26,8	25,8	26,1	25,4	24,9	25,1
2002	25,7	26	25,8	26,1	26,9	26,2	26,2	25,7	26,5	25,5	25,9	25,7
2003	25,7	25,8	26,3	26,2	25,9	25,8	25,8	26,4	26,2	25,5	25,7	25,1
2004	24,8	25,3	25,8	26,7	27,1	27,1	27,1	27,7	27	26,8	26,4	27,2
2005	27,5	27,5	28	26,1	27,1	26,9	26,9	27,5	26,9	26,4	26	25,5
2006	25,2	24,6	25,7	26,1	26,7	26,6	26,6	26,3	25,7	26	26	25,5
2007	24,4	24,3	24,9	26,1	26,2	26,3	26,1	26,7	26	26,3	25,3	25,6
Prom	25,5	25,7	26,3	26,4	26,6	26,6	26,5	26,6	26,4	26,2	25,9	25,7
Tmin	24,4	24,3	24,9	25,8	25,9	25,8	25,8	25,7	25,7	25,4	24,9	25,1
Tmax	27,5	27,5	28	27,4	27,1	27,1	27,1	27,7	27	26,8	26,5	27,2

Conquet y Terán (2012)

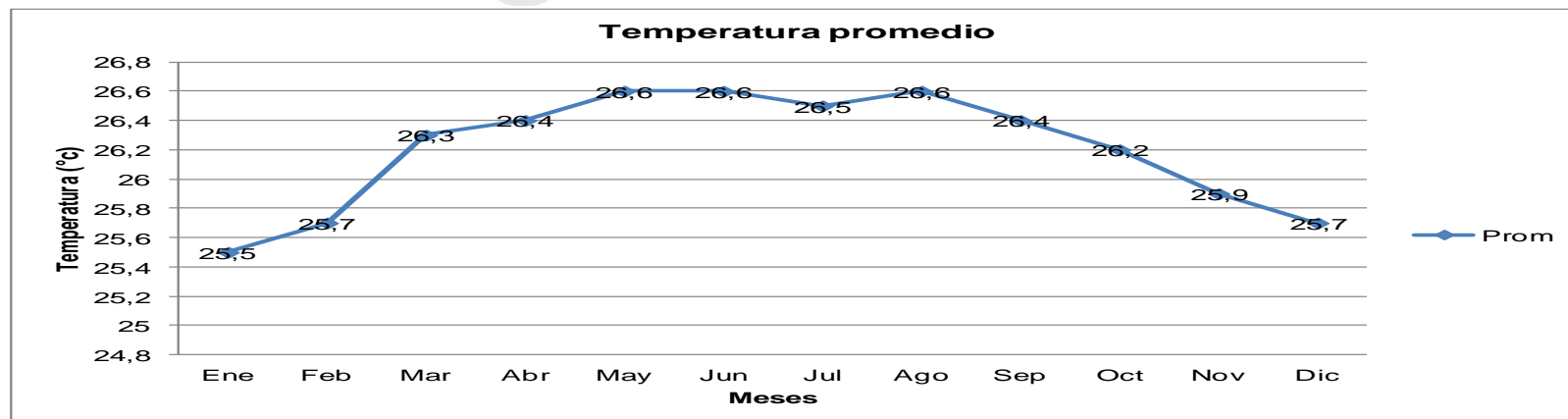


Figura 4.6. Temperatura promedio 1999-2007

En cuanto a las variables físico – naturales señalan Conquet y Terán (2012) que es imprescindible realizar una recapitulación para integrar y ponderar la problemática y prevalecer recursos y potencialidades. Tal análisis lo obtuvieron de investigaciones anteriores y de información emanada por la Estación Experimental.

4.3.7. Vegetación.

La vegetación presente en la estación experimental está conformada predominantemente por la pertenencia a la zona de vida bosque seco tropical, según Maldonado (1998). Esta área boscosa ocupa una superficie cercana a las ciento veintiuno hectáreas (120,72 ha).

La zona xerófila está formada por especies caducifolias o semicaducifolias, en sentido general armado, de porte arbustivo y fuste pequeño.

Las demás zonas engloban todas aquellas especies, predominantes de porte arbóreo, capa esparcida, sistema radicular profundo y con fuste voluminoso (con potencialidades para explotación maderera).

Tabla 4.4. Zonas Vegetativas y géneros predominantes

Zonas Vegetativas	Géneros predominantes
Xerófila	Pereiskia, Pithecellobium, Cassia, Caesalpina, Prosopis, Acacia
Bosque Caducifolio	Tabebuia, Ceiba, Anacardium, Swietenia, Astronium, Vitex.
Bosque pluvial macrotérmico	Ceiba, Morus, Tabebuia, Ficus, Brosimum, Terminalia, Parquia, Inga, Anacardium, Swietenia, Cedrela.

Conquet y Terán (2012)

4.4. Geología y Geomorfología.

Según CORPOANDES (1974) determina que los llanos de Monay es una depresión, posiblemente de origen tectónico, formada por un sistema de terrazas construidas por suelos de materiales proveniente de formaciones geológicas de diferentes edades. Este sistema presenta una zona formada por suelos desarrollados de aluviones provenientes de rocas metamórficas micáceas no diferenciadas. El valle del Monaycito presenta relieve plano y ligeramente ondulado, con variaciones de elevaciones que oscilan entre 172 y 400 m.s.n.m., en la parte más baja y alta, respectivamente. La pendiente topográfica en la finca varía de 0° a 50°, predomina las pendientes suaves.

Tabla 4.5. Resumen sobre el contexto físico natural de la Estación Experimental “El Reto”.

Factor	Característica relevante	Problemas y restricciones	Recursos y potencialidades	Tendencias
Ubicación	Cercanía a centros poblados de relevancia e importancia	Susceptibles a robos	Posibilidades de Mercado para la producción.	Actividades comerciales entre la Estación Experimental y mercados cercanos.
Acceso	Vialidad en condiciones regulares.	Limitaciones para el transporte	Conectividad a la Troncal Monay	Deterioro de la vialidad.

		de la Barquisimeto.		
		producción y		
		para el		
		transporte		
		en general.		
	Déficit hídrico	Actividad	Clima propicio	Producción
	parte del año.	agrícola	para la	limitada.
		riesgosa por	adaptación de	
Clima		su	distintas	
		dependencia	especies	
		de riego.	animales y	
			vegetales.	
	La	Escasa	Disponibilidad	Disminución
	vegetación	diversidad	de superficies	de la
	determina	biológica.	para el	cobertura
Vegetación	una zona de		desarrollo de	vegetal.
	vida del		especies	
	bosque seco		forestales.	
	tropical.			
	Suelos	Áreas	Tipo de relieve	Problemas
	desarrollados	vulnerables	liso y o plano	de
Geología y	de aluviones	a	que no limita el	inundacione
geomorfología	provenientes	inundacione	establecimiento	s en época
a	del	s.	de sistemas de	lluviosa.
	Pleistoceno y		producción.	
	Holoceno.			

Fuente: Adaptado de Linares y Berrios (2007)

A continuación se desarrollan los objetivos propuestos para la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la finca El Reto de la Universidad de Los Andes:

4.5. Descripción de la cuenca en estudio.

La estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes, se puede abastecer de dos fuentes de agua superficiales, las cuales son: el río Monaycito y quebrada La Beticó, tal como se describen a continuación:

Según CORPOANDES (1993) el río Monaycito nace en los altos de Santa Ana, a una altura de 2400 m.s.n.m. corresponde a la red de drenaje de los llanos de Monay. Este representa un afluente del río Carache y recoge las aguas de las quebradas la Beticó, la Catalina y las Cruces, entre otras.

En su recorrido el río Monaycito atraviesa diferentes formaciones geológicas; por lo tanto, transporta sedimentos de una litología variable: filitas, izarras, gneis, equitos, granitos, conglomerados, gneis cuarzosos y pegmatita.

Presenta una longitud de 19,5 km hasta el sitio de posible abastecimiento dentro del área. El área que drena es de 266.88 km².

Respecto a la quebrada la Beticó, hidrológicamente ésta micro cuenca pertenece a la subcuenca del Río Monaycito de la cuenca del río Motatan. Políticamente el sector La Catalina está bajo la jurisdicción de la parroquia La Paz, Municipio Pampán, Estado Trujillo.

Con las hojas cartográficas: 6144ANE, 6044ASE, 6144DNE, 6144DNE, 6144DSO, 6144DSE Y 6144CNO y utilizando el Software de AUTOCAD procedimos a delimitar las cuencas de las fuentes de agua que la finca puede utilizar para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación.

Dichas hojas corresponden a la cartografía nacional del vuelo 1996, realizado por Institut Cartogràfic de Catalunya (ICC) y Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), Caracas, Venezuela. Financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo, Concurso internacional y el Banco Mundial.

La cuenca del el rio Monaycito se encuentra en el estado Trujillo ocupa un área de 18525,7377 Ha, nace el cerro El Zamuro a una altura de 1800 m.s.n.m de la parroquia Santa Ana, al cual drenan quebradas: Trompito en el sector Siquisay, la misma atraviesa a Corozo, La Vega de Santa Ana, ambos en la parroquia Santa Ana, municipio Pampán, quebrada El Naranjal y quebrada Visupite ambas en la parroquia Bolivia, municipio Candelaria las cuales drenan a los sectores Moromoy, La Esperanza, El Zamurito, Bucaral, Campo Lindo, y quebrada Grande en la Parroquia Carrillo del municipio Candelaria y finalizando la cuenca del rio Monaycito a una altura de 180 m.s.n.m con la incorporación de la quebrada a Beticó en el margen derecho suroeste de la Finca el Reto de la Universidad de Los Andes en la parroquia la Paz en el municipio Pampan.

La quebrada La Bético se ubica en el estado Trujillo en el municipio Pampan, nace en la parroquia Santa Ana a una altura de 1970 m.s.n.m, atraviesa gran parte de esta parroquia atravesando los sectores: El Corozol, Hacienda la Guaca y parte de la parroquia Flor de Patria a los sectores: Puente Blanco, La Paraguaita, La Catalina, Flor de Patria, el Cerrito su cuenca cuenta con una superficie de 5756,958 Ha, desembocando en el rio Monaycito a una altura de 180 m.s.n.m. al Noroeste de la finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

De acuerdo a la cartografía se aprecia que son cuencas con bastante superficie, lo que le da un potencial hídrico a la finca ya que las dos concurren en el margen derecho de la misma.

4.6. Hidrografía y Aguas Subterráneas.

La estación experimental muestra una hidrografía que pertenece a la cuenca interior del río Motatán, definida como la sub-cuenca interior y se encuentra controlada por la garganta de la represa de Agua Viva donde fluyen las aguas. La estación experimental se encuentra delimitada por el norte con el río Monaycito, por el este con la quebrada La Beticó y por el oeste con la Quebrada la Catalina. Siendo este el factor de mayor importancia en este trabajo, ya que éste es el que permitió determinar la disponibilidad de agua con que se cuenta para así realizar una proyección de su planificación y uso.

En cumplimiento con el segundo objetivo se determinó cuál de las fuentes de agua presentes en la zona cubren la demanda hídrica de la estación experimental finca El Reto de la Universidad de Los Andes y se muestra a continuación:

4.7. Recurso agua.

La estación experimental Rafael Rangel finca El Reto, cuenta con estudios de calidad y cantidad de agua tanto de la quebrada La Beticó como del río Monaycito, y de acuerdo a los registros de caudal que se tiene de dichas fuentes cualquiera de los dos puede suplir los requerimientos hídricos de la finca. Es por ello que se consideraron cada uno de los resultados arrojados en investigaciones anteriores, además de un aforo que se realizó 10/01/2013, a la quebrada La Beticó por ser la fuente a la cual el representante de la finca sugirió que se le realizara, el caudal es de 0,623 m³/s. Para los estudios de calidad tomamos los obtenidos por Conquet y Terán (2012) ver Apéndice A, los cuales arrojaron que son aptas para riego y para consumo animal.

4.8. Suelo e infiltración.

La finca El Reto cuenta con análisis de suelo en toda su extensión realizados en diferentes temporadas, hay valores de la textura del suelo, densidad aparente, salinidad, conductividad eléctrica, reacción del suelo y niveles de humedad de los suelos solo en algunas partes de la finca. Es de hacer destacar que un último análisis de suelo fue el realizado por Conquet y Terán (2012) en las áreas destinadas al cultivo de pastos, por lo que se utilizó de referencia para hacer las interpretaciones y tomar datos necesarios como densidad aparente. De los otros trabajos se tomó esta misma variable más los valores de capacidad de campo así como el punto de marchites permanente; la textura del suelo es determinante, pues en conjunto con la Tabla 2.7 (Resumen de las propiedades de los suelos), se consideró las propiedades faltantes en aquella parte donde no se han realizado pruebas de infiltración y densidad aparente; se tomó los valores de capacidad de campo, punto de marchites permanente y densidad aparente, datos mínimos necesarios para realizar el balance hídrico del cultivo de la finca los cuales son: profundidad a la que se tomó la muestra, textura, densidad aparente, capacidad de campo y punto de marchites permanente, los valores de cada uno se muestran en el Apéndice D, así como el sitio de la finca y el nombre donde se tomó la muestra del suelo.

4.9. Demanda hídrica de la finca.

Es la cantidad de agua requerida para garantizar la productividad agropecuaria; para conocer los requerimientos hídricos se realizó un balance hídrico de la zona en estudio así como el balance hídrico de los cultivos caña de azúcar y el pasto, para ello utilizamos los parámetros mínimos los cuales son: densidad aparente, punto de marchites permanente y capacidad de campo, para realizar cada balance se requiere considerar los siguientes parámetros:

4.9.1. Determinación de la evapotranspiración para la zona en estudio (ET_o).

Se utilizó el software “ET_o Calculator” de la de la FAO, éste software estima algunos parámetros si se carece de su información. Los datos utilizados para éste cálculo se muestran en el Capítulo IV (Tabla 4.3) del presente trabajo. Estos fueron: temperatura máxima (T_{máx}) y mínima (T_{min}), el resto de los parámetros de la Ecuación 4.2 lo estima el software de acuerdo a la ubicación geográfica de la zona en estudio: coordenadas, altitud y temperatura mínima y máxima.

Tabla 4.6. ET_o (mm/día) hallado con el software “Eto Calculator” para la zona en estudio

Mes	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
ET _o (mm/día)	2,1	2,2	2,4	1,8	1,5	1,5	1,5	1,9	1,5	1,5	1,5	1,7
Meses(días)	31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ET _o (mm/mes)	65,1	61,6	74,4	54	46,5	45	46,5	58,9	45	46,5	45	52,7

Se puede apreciar como la evapotranspiración máxima se presenta en el mes de marzo con 2,4 mm/día y una evapotranspiración mínima en los meses de mayo hasta junio y desde septiembre hasta noviembre de 1,5 mm/día.

4.9.2. Determinación de la evapotranspiración del cultivo particular (ET_c).

El coeficiente del cultivo integra, todas las características fisiológicas y aerodinámicas del cultivo estudiado e incluye los efectos de la transpiración de la planta y la evaporación que ocurre a partir de las superficies húmedas

del suelo. Los cultivos seleccionados para realizar el cálculo del ETc son caña de azúcar y pasto (*Brachiaria Humidicola*) por ser los de mayor interés; procedimos según los pasos recomendados por Sánchez (2011): seleccionamos el valor de Kc correspondiente a cada etapa del cultivo, ajustando el valor de Kc inicial por condiciones de humedecimiento frecuente en el suelo. Los valores de Kc para cada cultivo fueron tomados del cuadro de valores de coeficiente único presentado por FAO 56 (2006). Éstos se muestran en las siguientes Tablas, según sea el cultivo:

Tabla 4.7. Valores de Kc Para diferentes cultivos.

Cultivos	Kinicio	Kintermedio	Kfinal	Altura Máxima (m)
Caña de azúcar	0,4	1,25	0,73	3
Pasto	0,4	1	0,85	3

Fuente: FAO 56 (2006).

Tabla 4.8. Longitud de las etapas de desarrollo para distintos cultivos.

Cultivos	Inicio	Desarrollo	Intermedia	Final
caña de azúcar	30	50	180	60
pasto	10	20	10	10

Fuente: FAO 56 (2006).

Luego se construyeron las curvas del cultivo a partir de los valores Kc obtenidos y la longitud de cada etapa del cultivo. Esta curva permite obtener los valores intermedios de Kc. Éstas se muestran en la Graficas 4.3 y 4.4.

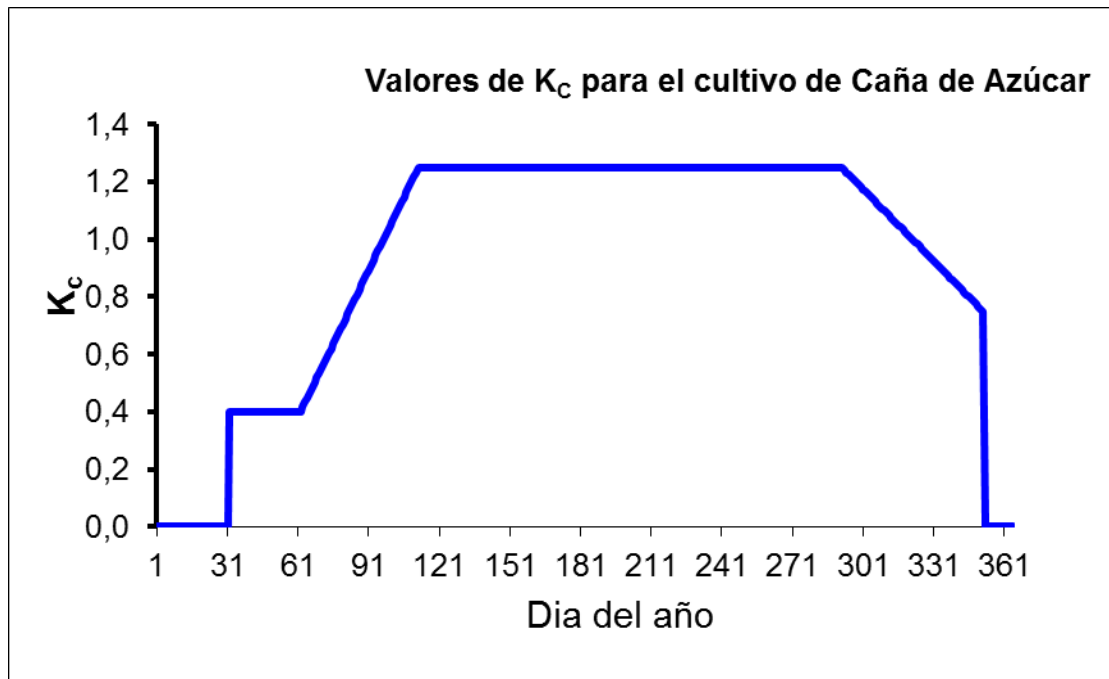


Figura 4.7. Curva del coeficiente (K_c) del cultivo de la caña de azúcar

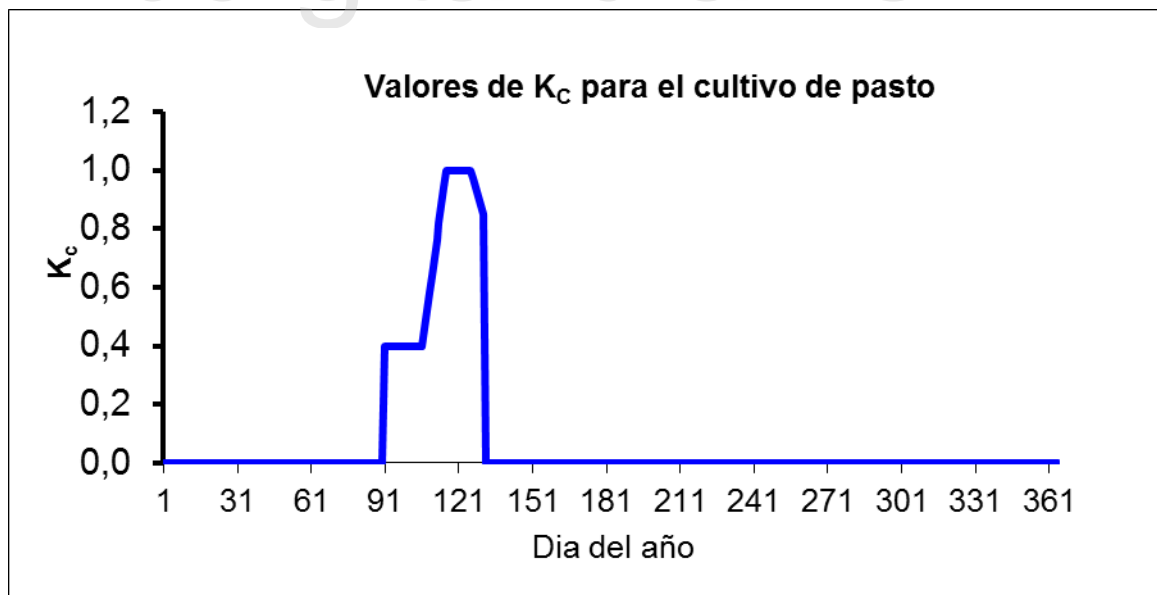


Figura 4.8. Curva del coeficiente (K_c) del cultivo de pasto

4.9.3. Calcular los valores de la evapotranspiración ET.

Para éste se aplicó la Ecuación 2.6. En la Tablas 4.7 y 4,8 se presentan los cálculos en mm/día para los cultivos en estudio.

Los propietarios de la finca El Reto prefieren que el período de la siembra para la caña de azúcar sea desde el 15 de febrero hasta el 15 de marzo y el cultivo de pasto se realice a principios de los meses lluviosos, es decir, en el mes de abril. Estos meses se muestran en la Grafica 4.5, con sus respectivos valores mostrados en la Tabla 4.7.

Tabla 4.9. Resumen de los valores ETo, Kc, ETc para el cultivo de caña de azúcar

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
ETo (mm/mes)	65,1	61,6	74,4	54	46,5	45	46,5	58,9	45	46,5	45	52,7
Kc	0	0,4	0,62	1,12	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,23	1,02	0,46
ETc (mm/mes)	0	24,6	46,1	60,5	58,1	56,3	58,1	73,6	56,3	57,2	45,9	24,2

Tabla 4.10. Resumen de los valores ETo, Kc, ETc para el cultivo de pasto potrero La Vega

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
ETo (mm/mes)	65,1	61,6	74,4	54	46,5	45	46,5	58,9	45	46,5	45	52,7
Kc	0,03	0,6	0,48	0,59	0,48	0,8	0,28	0,65	0,61	0,31	0,8	0,34
ETc (mm/mes)	2	37	35,7	31,9	22,3	36	13	38,3	27,5	14,4	36	17,9

4.9.4. Calculo de la precipitación efectiva

Para calcular la Pe se utilizó la Ecuación 2.9, ya que los datos de precipitación registrados son todos menores a 250 mm. Los resultados de esta estimación se muestran en la Tabla 4.9.

Tabla 4.11. Precipitación efectiva (mm), Pe, estimada para finca El Reto.

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.	Total
P total	56	48,78	75,89	128,56	84,78	68,56	81,34	127,67	164,23	213	204,12	94	1346,93
Pe	51	45	66,7	102,1	73,3	61	70,8	101,5	121,1	140,4	137,4	79,9	1050,2

4.10. Calculo del Balance hídrico.

El balance hídrico se calculó utilizando la Ecuación 2.10, se determinó un balance hídrico para cada uno de los cultivos de interés (caña de azúcar y pasto), los resultados se muestran en las Tablas 4.12, 4.13 y 4.15 respectivamente.

Éste se estimó utilizando la hoja de cálculo del profesor Ricardo Trezza (2004), elaborada para el balance hídrico de un cultivo particular. Los datos de entrada utilizados fueron: altura del cultivo (parte aérea o epigea del cultivo), longitud de etapas de crecimiento del cultivo, coeficiente (Inicial, intermedio y final) del cultivo, profundidad radicular (parte subterránea o hipogea del cultivo), contenido de humedad en el suelo (capacidad de campo “CC” y punto de marchitez permanente “PMP”), densidad aparente del suelo, Pe, ETo, entre otros.

La finca El Reto proyecta 96 potreros con pasto para la explotación de ganado 100% Carora y 28 tablonos de caña de azúcar, éstas se muestran en Apéndice D, los valores que allí se presentan son resultado de análisis de suelo hechos en el Laboratorio de Servicio de Análisis de Suelos de la ULA-NURR por trabajos de investigación que le anteceden a éste, las parcelas

donde no se cuenta con pruebas para determinar la humedad del suelo (capacidad y punto de marchitez permanente), se tomaron de la Tabla 2.7, Grassi (1998) sobre el resumen de la propiedad físicas de los suelos.

En las Tablas 4.10 hasta la 4.14 se muestran los balances de los cultivos: caña de azúcar y el pasto, respectivamente; representados gráficamente en las Figuras 4.9 y 4.13.

Según la Tabla 4.10 y Figura 4.9 se determinó que la caña de azúcar presenta un exceso en los meses de octubre hasta diciembre siendo el mes de diciembre el que presenta un mayor valor y no presenta déficit de humedad en ningún mes del año.

Para el cultivo de caña se realizó un solo balance hídrico ya que son las mismas condiciones de textura del suelo para la superficie donde se encuentra el cultivo.

Tabla 4.12. Balance hídrico para el cultivo de cultivo de caña de azúcar.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Pe(mm)	51,0	45,0	66,7	102,1	73,3	61,0	70,8	101,5	121,1	140,4	137,4	79,9	1050,2
ETc (mm)	0,0	24,6	46,1	60,5	58,1	56,3	58,1	73,6	56,3	57,2	45,9	24,2	561,0
B	195,1	67,1	87,6	129,3	144,4	149,2	161,9	189,7	254,6	337,8	398,6	318,3	
Alm (mm)	46,7	67,1	87,6	129,3	144,4	149,2	161,9	189,7	254,6	307,1	262,7	144,1	
ETreal (mm)	0,0	24,6	46,1	60,5	58,1	56,3	58,1	73,6	56,3	57,2	45,9	24,2	561,0
Exc (mm)	148,4	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,7	136,0	174,2	489,2
Def (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Nota

Pe= Precipitación efectiva; ET = evapotranspiración; Alm = Almacenamiento de humedad en el suelo; Exc = exceso de agua; Def = Déficit de humedad

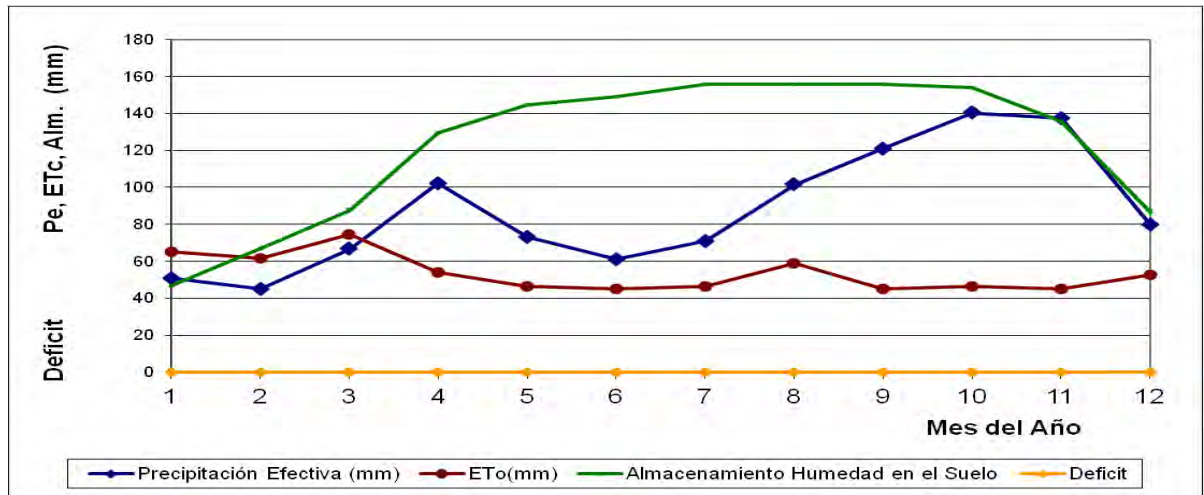


Figura 4.9. Balance hídrico para el cultivo de caña de azúcar.

A través de la Tabla 4.11 y Figuro 4.10 se determinó que cultivo de pasto en el potrero La Vega, presenta un exceso en los meses de enero y octubre hasta diciembre siendo el mes de enero el que presenta un mayor valor, no presenta déficit de humedad en ningún mes del año.

Tabla 4.13. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero La Vega.

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Pe(mm)	51,0	45,0	66,7	102,1	73,3	61,0	70,8	101,5	121,1	140,4	137,4	79,9	1050,2
ETc (mm)	2,6	38,8	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	314,4
B	201,2	70,2	101,2	140,9	133,5	95,7	153,5	198,3	182,7	210,7	245,3	167,1	
Alm (mm)	64,0	70,2	70,7	82,5	70,7	95,7	135,0	89,0	84,7	143,9	105,2	152,8	
ETreal (mm)	2,6	38,8	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	314,4
Exc (mm)	137,2	0,0	30,5	58,4	62,8	0,0	18,4	109,3	98,0	66,8	140,2	14,3	735,8
Def (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

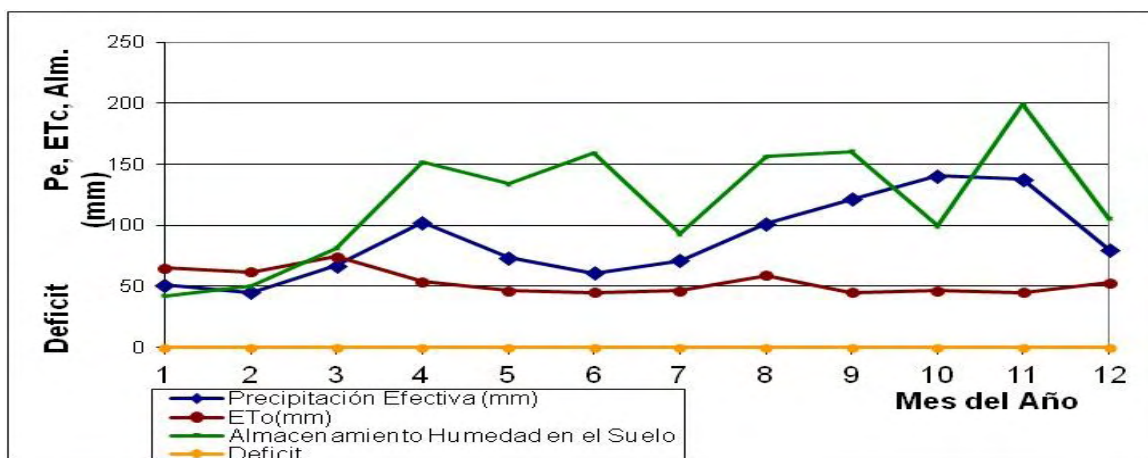


Figura 4.10. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero La Vega.

En la Tabla 4.12 y Figura 4.11 se determinó que cultivo de pasto en el potrero El Llano (1 y 2), se presenta un exceso en los meses de enero, julio, y diciembre siendo el mes de octubre el que presenta un mayor valor, no presenta déficit de humedad en ningún mes del año.

Tabla 4.14. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero El Llano (1 y 2)

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Pe(mm)	51,0	45,0	66,7	102,1	73,3	61,0	70,8	101,5	121,1	140,4	137,4	79,9	1050,2
ETc (mm)	2,0	37,0	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	311,9
B	124,3	38,1	69,1	139,3	190,3	215,3	273,1	129,7	223,4	349,4	172,3	234,3	
Alm (mm)	30,1	38,1	69,1	139,3	190,3	215,3	66,5	129,7	223,4	70,9	172,3	75,2	
ETreal (mm)	2,0	37,0	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	311,9
Exc (mm)	94,2	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	206,6	0,0	0,0	278,5	0,0	159,0	738,3

(mm)													
Exc	112,3	0,0	0,0	0,0	68,4	0,0	123,6	0,0	89,5	187,2	1,4	155,8	738,3
(mm)													
Def	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
(mm)													

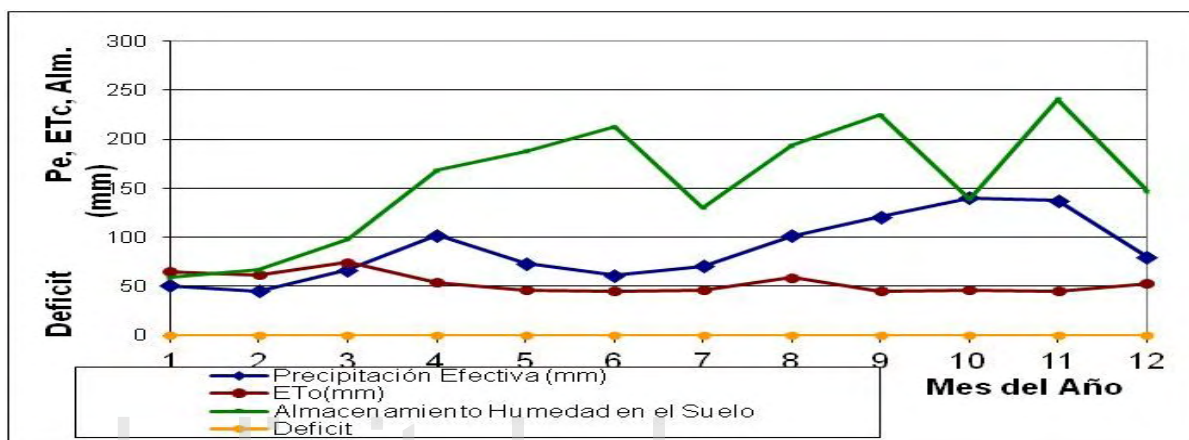


Figura 4.12. Balance hídrico para el cultivo de pasto potreros con suelos de textura franco arenosa (F.a).

Los potreros morroco 1 hasta morroco 4, parchita 1 hasta parchita 8 maíz 1 hasta maíz 4, la textura del suelo es franco (F), por lo que se realizó un solo balance hídrico, los cuales se aprecian en la Tabla 4.14 y su respectiva Figura 4.13, presentando un exceso los meses: enero, mayo, julio, septiembre, octubre y diciembre presentado mayor volar el mes de octubre, no presento déficit ningún mes del año.

Tabla 4.16. Balance hídrico para el cultivo de pasto potrero con suelos de textura franco (F).

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Pe(mm)	51,0	45,0	66,7	102,1	73,3	61,0	70,8	101,5	121,1	140,4	137,4	79,9	1050,2

ETc (mm)	2,0	37,0	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	311,9
B	196,6	67,0	98,0	168,2	219,2	212,5	270,3	193,6	287,2	350,6	240,3	302,3	
Alm (mm)	59,0	67,0	98,0	168,2	187,5	212,5	130,4	193,6	224,6	138,9	240,3	147,5	
ETreal (mm)	2,0	37,0	35,7	31,9	22,3	36,0	13,0	38,3	27,5	14,4	36,0	17,9	311,9
Exc (mm)	137,6	0,0	0,0	0,0	31,7	0,0	139,9	0,0	62,6	211,7	0,0	154,8	738,3
Def (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

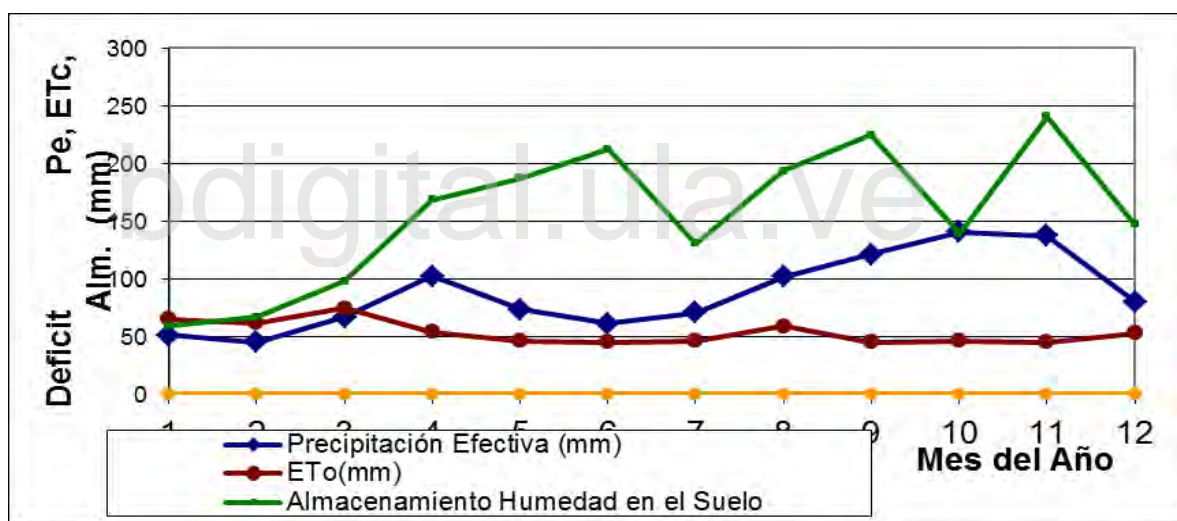


Figura 4.13 Balance hídrico para el cultivo de pasto potreros con suelos de textura franco (F).

4.11. Cálculo del volumen de agua para los cultivos.

Para calcular el volumen de agua se utiliza la Ecuación 4.1

$$V = db \cdot A \quad (4.1)$$

Donde:

V = volumen de agua en l /día

db = lámina bruta en mm/día

A = área que va a ser regada en m²

Para calcular la lámina bruta (db) se utiliza la Ecuación 4.2.

$$db = \frac{dn}{Efa} \quad (4.2)$$

Donde:

dn =es la lámina neta en mm/día

Efa= es la eficiencia de aplicación del método de riego. En este caso se considera riego por aspersión como método de riego con una eficiencia de 70%.

En cuanto al área a regar se realizó la estimación del caudal requerido para satisfacer la demanda hídrica de la caña de azúcar y el pasto, cuya estimación de demanda se realizará para la finca completa y no para una parcela en particular. Sumando la superficie neta del suelo a cultivar resultó un área aproximada de 226,7 ha.

Para el valor de la lámina neta (dn) se tomó en cuenta el mes que presenta el mayor valor del ETc de los cultivos en nuestro caso los valores para cada cultivo se muestran en las Tablas 4.10, 4.11, 4.13 y 4.14, respectivamente resultando ser el de la caña de azúcar de 2,39 mm/día.

Entonces la Ecuación 4.2 queda de la siguiente manera:

$$db = \frac{ETc}{Efa} \quad (4.2)$$

Donde:

ETc= Es el menor valor de la evapotranspiración del cultivo mm/día

Efa=Eficiencia de aplicación del método de riego

La demanda bruta por lo tanto es:

$$db = \frac{2,39}{0,7} = 3,41 \frac{mm}{dia} * \frac{1m}{1000mm} = 0,00341 \frac{m}{dia} = 0.00341m/dia$$

Por lo que el volumen requerido por día es:

$$V = 0,00341 \frac{m}{dia} * 2267000m^2 = 7730,47 \frac{m^3}{dia} = 7730,47 \frac{m^3}{dia} * \frac{1000l}{m^3} = 7.730.470 l/dia$$

4.12. Demanda por consumo animal.

La estación experimental finca El Reto posee un sistema de producción bovino doble propósito, en la actualidad ésta se encuentra en un constante crecimiento, la meta es llegar a tener 200 cabezas de ganado 100% Carora. La estimación del consumo de agua para bovinos se hace en base al 10% de su peso vivo, considerando que el peso promedio que alcanza esta raza es de 525 kg/animal; se determinó que cada animal requiere la cantidad de 52,5 l/agua/día y para el mantenimiento por animal, es decir, para lavar las instalaciones se tomó 200 l/agua/animal para cada día. Con estas consideraciones determinamos los requerimientos de agua para el sector pecuario, tal como se muestra en la Tabla 4.14.

Tabla 4.17. Demanda hídrica del sector pecuario

Descripción	consumo (l/día)	Mantenimiento (l/día)	Requerimiento animal(l/día)	Cantidad (unid)	Total (l/día)
Ganado- Bovino	52,5	200	252,5	200	50500

Teniendo en cuenta la cantidad de agua para riego así como para el sector pecuario se tiene que la demanda hídrica de la finca es de **7.780.970** litros por día, dato que se utilizó para realizar los cálculos de la infraestructura de riego requerida.

Al respecto con las características microbiológicas, los resultados obtenidos fueron comparados con los establecidos en la gaceta oficial de la República Bolivariana de Venezuela, de agua potable, de uso doméstico e industrial, según las normas sanitarias de calidad y por los valores obtenidos de las muestras analizadas, determinando que son aguas que desde el punto sanitario, contienen coliformes totales y fecales, fuera de la norma por lo tanto no son aptas para el consumo humano o industrial pero si son aptas para el riego de cultivos y consumo animal.

4.13. Diseño de las obras hidráulicas requeridas.

Para ello se realizaron los cálculos de las siguientes obras que permiten la captación y almacenamiento:

4.13.1. Caudales de diseño de la obra de captación.

Para el diseño de la obra de captación se requiere de datos relevantes, tales como el registro de caudales de la cuenca de los últimos diez años, a fin de conocer el caudal medio (Q_{\min}) y el caudal de crecida o caudal máximo (Q_{\max}).

La quebrada la Beticó cuenta con registros hidrológicos de la fuente de abastecimiento realizado por parte de organismos oficiales, entre ellos, el ministerio de ambiente, tal como se observa en el Apéndice C, y en el capítulo II donde ya se hizo mención de los mismos. Para el diseño de la obra de captación nos guiamos por la metodología de Arocha, S. (1978); esta obra estará ubicada a los 191,19 m.s.n.m. sobre la quebrada la Beticó de la parroquia la Paz municipio Pampán.

4.13.2. Caudal a derivar por la obra de captación.

La obra de captación tiene como finalidad derivar la mayor cantidad de agua posible, respetando las normas ecológicas que permitan mantener el régimen hidrológico de la cuenca. Se recomienda mantener en el curso de agua un caudal mínimo denominado “caudal ecológico”, considerado en nuestro caso como un 10% del caudal de estiaje. Si se toma en cuenta que el caudal aforado en época de estiaje (11 de enero de 2013) fue de 623 l/s, entonces el caudal máximo a derivar será:

$$Q_{max} = 623 - 0,1 * 623 = 560,7 \text{ l/s}$$

Si por otra parte se considera la limitación del estudio hidrológico, donde se realizó un solo aforo, entonces por razones de seguridad se recomendó derivar un caudal menor al máximo. En nuestro caso se tomó como.

$$\text{Caudal a derivar} = Q = (7.780.970 \frac{\text{l}}{\text{dia}} * \frac{1\text{dia}}{86400\text{s}}) = 90,06 \text{ l/s}$$

4.13.3. Levantamiento topográfico del sitio donde se realizaran las obras hidráulicas.

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico del sitio de toma, ubicado en la cota 190 m.s.n.m. sobre la fuente de agua.

En el Apéndice E se presenta la información obtenida en el levantamiento topográfico del sitio de la obra de toma, desarenador y tanque de almacenamiento.

El plano en curvas de nivel con equidistancia entre ellas de 0,5 m se muestra en el plano 01, donde se indica la ubicación de diseño de la obra de captación, seleccionándose esta sección debido a su estabilidad y accesibilidad, presentando una forma trapezoidal que procura dimensiones aceptables de diseño, tanto en su longitud como en su altura, y el plano 02

aprecia las curvas de nivel del sitio donde ira el desarenador, así como el sitio donde ira el tanque de almacenamiento de agua.

4.13.4. Diseño de la obra de captación.

Considerando la sección más adecuada para la obra de captación, se seleccionó una obra de toma que permita la derivación del caudal calculado. En el Apéndice F, se muestran sección seleccionada obra de captación plano 03.

A continuación se presentan las consideraciones y los cálculos de la de la obra de captación:

4.13.5. Obra de captación (dique-toma).

La descripción que se da a continuación es el orden de acuerdo al procedimiento y los datos que se deben considerar según Arocha (1978).

Se asumió un caudal máximo $Q_{max}(l/s)$ 980,86 y una velocidad máxima $v_{max}(m/s)$ 3, esto debido a que no se cuenta con el historial de caudales de la quebrada, un caudal mínimo en época de estiaje que se determino mediante el aforo $q_{min}(l/s)$ 623 a la velocidad que se calculó $v_{min}(m/s)$ 0,932, datos que se consideraron para el diseño del dique-toma.

Por otra parte el desarenador estará a una distancia de 48 m plano 05.

El cálculo del área máxima mojada A_{qmax} (m^2), para el cual se realizara el diseño del dique, es decir; su máxima cantidad de agua, se determinó por medio de Autocad en el plan 03.se observa 4,254 m^2 .

Asumiendo que en épocas de crecida, la quebrada tiene una capacidad de arrastre de masas de 1000 kg/m, la fuerza de impacto contra la estructura se determinó por medio de la Ecuación 2.16:

$$F = \frac{1000}{9,8} * 3 = 306,12kgf$$

La altura del dique-toma, estará a una cota del terreno en la captación de 190,74 m.s.n.m y cota terreno del desarenador se ubicara a una altura de 192 m.s.n.m, tal como se aprecia en el plano 02.

$$\Delta H = (190,74 - 192)$$

La base del dique-toma se determino con la Ecuación 2.17

$$B = \frac{-0,3}{2} + \sqrt{\frac{5 * 0,3^2}{4} + \frac{2,1^2 * 1}{2,3}} = 1,27 \text{ m}$$

Este debería el que se utilizaría para el dique, pero debido a la falta de datos de registro de caudal, de la quebrada La Betico se asumió un 18% mas para el diseño del valor dado por la ecuación, por lo que la base es entonces es igual a $(1,27+1,27*0,18)\text{m}=1,55 \text{ m}$ tal como se observa en el plano 06.

La altura del agua en desarenador tendrá una altura máxima de 1,5 m, la altura (H) disponible del agua se determinó = $1,26-1,5=-0,24 \text{ m}$. siendo la altura mínima del agua 190,74 m.s.n.m, es decir 0,3 m, para el vertedero central se asumió una altura de 0,7 m, sobre el cual se ubicara la ventana y rejilla de captación.

La tubería de salida estará empotrada en el dique y tendrá una elevación 0,25 m, más bajo que la cresta siendo por lo tanto la cota de salida $190,74 + 0,7 - 0,26 = 191,19 \text{ m. s. n. m}$

Para una altura en el desarenador de 1,5 m, por lo tanto la cota de llegada al desarenador 192 m.s.n.m y la altura disponible para la aducción sería:

$\Delta H = (190,74 - 192) = -1,26 \text{ m}$ Negativo por estar por encima el desarenador.

Luego la pérdida del tramo dique-desarenador se determinó por medio de es igual a 1,26 m.

La pendiente de este tramo de aducción se determino por medio de la Ecuación 2.20:

$$S = \frac{-1,26}{45} = -0,028 \quad S > 0,02 \text{ por lo tanto chequea}$$

Medidas que se adoptaron para el dique-toma:

Ancho de la cresta 0,3 m, altura del vertedero del central 0,1 m

Altura del vertedero de crecida 0,2 m

La altura del dique de crecida 0,7 m

La profundidad de socavación se determino utilizando la Ecuación 2.18, se asumió que el material del cauce es arena con cantos, con un d90 = 20cm

$$Tk = \frac{4,75}{d90(mm)^{0,82}} * Hd^{0,2} * q^{0,57}$$

Y el caudal unitario se determino utilizando la Ecuación 2.19

$$q = \frac{0,623}{\frac{0,3+0,26}{2}} = 2,225(m^3/s)$$

Por lo tanto:

$$Tk = \frac{4,75}{200^{0,82}} * 2,1^{0,2} * 2,225^{0,57} = 1,60m, \text{ pero se asumió } 1,5m. \text{ Se}$$

recomienda asumir el valor correspondiente al calculo 1,6m para este caso.

Masa asumida que golpearía a la estructura en la parte superior del vertedero con lo cual se tendría la situación más crítica para la condición de estabilidad del dique-toma, mediante la Ecuación 2.16:

$$F = \frac{1000kg}{m} * \frac{0,932m}{9,8 \frac{m}{s^2}} = 95,00 kgf$$

En la **Tabla 4.18**. Se presentan fuerzas y momentos actuantes en la sección transversal del dique-toma.

FUERZAS	VERTICALES	HORIZONTALES	BRAZO	Mov.Resit.	Mov.vol
	(kg)	(kg)	(m)		
CONCRETO					
W1	269,5		1,32	355,74	
W2	770		1,375	1058,75	
W3	1254		1,05	1316,7	
W4	693		0,6	415,8	
W5	1386		0,45	623,7	
IMPACTO					
F		306,13	1,6		489,808
SEDIMENTOS					
Ws1		441	0,93		410,13
ws2	220,5		1,47	324,135	
AGUA					
Wa1		245	0,93		227,85
Wa2		364	1,05		382,2
Wa3	70		1,375	96,25	
Wa4	122,5		1,47	180,075	
FV, FH (kg)	4785,5	1356,13		4371,15	1509,988

Especificaciones:

W_{1-5} : fuerza actuantes por el peso propio del concreto, las cuales fueron divididas de acuerdo a la cantidad áreas geométricas (triángulos y rectángulos) que permitió el cálculo.

F: fuerza de impacto causada por el agua a su máximo caudal sobre la infraestructura.

W_s : fuerza actuante por los sedimentos

W_a : fuerzas actuantes por el agua

Nota: en el plano 07, se aprecia la actuación de las fuerzas sobre el dique-toma.

Una vez definidas las dimensiones y calculada cada una de las fuerza actuantes en la infraestructura (dique-toma), se verifico la estabilidad del dique-toma.

1. Verificación de la posición de la resultante, se determinó por medio de la Ecuación 2.21.

$$ea = \frac{(4371,15 - 1509,988)}{4785,5} = 0,6$$

Excentricidad se calculó utilizando la Ecuación 2.23

$$e = \frac{1,55}{2} - 0,6 = 0,252$$

Tercio central

$$\frac{1,55}{6} = 0,258 \quad 0,258 > 0,252 \text{ chequea}$$

2. Verificación al volcamiento

Se determinó utilizando la Ecuación 2.24

$$\frac{4371,15}{1509,988} = 2,895 > 2 \text{ chequea}$$

3. Verificación del deslizamiento

Se determinó utilizando la ecuación 2.25

$$Fd = 0,7 * \frac{4785,5}{1356,13} = 2,47 > 1,5$$

Por ser mayor que 1,5 no se necesita dentellón

4. Hundimiento

Se determinó por medio de la Ecuación 2.26

$$\vartheta_{max} = \frac{4585,5}{1,55 \times 1} \times \left(1 + \frac{6 * 0,252}{1,55}\right) = 0,61 Kg/cm^2$$

$$\vartheta_{min} = \frac{4585,5}{1,55 \times 1} \times \left(1 - \frac{6 * 0,252}{1,55}\right) = \frac{0,008 Kg}{cm^2}$$

Una vez verificado la estabilidad del dique en los planos 08, se presenta los esfuerzos de la estructura en el vertedero central, vertedero de

crecida y borde superior respectivamente, así como los detalles en la captación. El plano 09 se observa una vista planta del dique-toma y en plano 10 una vista lateral de la captación.

4.13.6. Diseño del desarenador.

Se presenta los factores y cálculos del desarenador de esta obra el cual está ubicado, según Apéndice F, plano 06 en la progresiva 0+043 de la línea de aducción y a una altura de 193 m.s.n.m. de la quebrada la Beticó de la parroquia la Paz municipio Pampán, llevándose a cabo su diseño de acuerdo al libro de Simón Arocha, en el Apéndice F respectivamente, se muestran. La vista planta desarenado plano 11, los cortes y detalles correspondientes, tal como se aprecia en los planos 12,13 y 14.

Factores que se consideraron para el diseño:

- El caudal de diseño para que se considero fue 90,02 l/s
- El tamaño de las partículas a remover es arena d ($S=2,65$) de 0,02 cm de diámetro (d).
- Con la temperatura del agua de la Quebrada La Bético de 25°C

En la tabla de propiedades del agua a diferentes de temperaturas que se muestra en el Apéndice G, la viscosidad cinemática del agua a esa temperatura es 0,00893 (cm²/s la gravedad 980 (cm²/s).

$$d \left[\frac{g(S-1)}{v^2} \right]^{1/3} = 0,02 * \left[\frac{980(2,65-1)}{(0,00893)^2} \right]^{1/3} = 5,4538$$

Con este valor entramos en la figura 158 que se encuentra en el Apéndice G y se obtuvo el término de velocidad V_2/K_2 , el cual resulto ser de 1,11:

$$V_s = 1,11 * K_2; V_2 = 1,11 * [g(S-1)v]^{1/3}$$

$$V_s = 1,11 * [980(2,65 - 1) * 0,00893]^{1/3}$$

$$V_s = 2,70 \text{ cm/s}$$

Luego determinamos el número de Reynolds (Re) por medio de la Ecuación 2.30

$$Re = \frac{2,7 * 0,02}{0,00893} = 573,35$$

Como $Re > 1$, es un régimen en transición

Luego calculamos el coeficiente de arrastre utilizando la Ecuación 2.30

$$C_d = \frac{24}{573,35} + \frac{3}{\sqrt{573,35}} + 0,34 = 0,5071$$

Luego la velocidad real de sedimentación será aplicando la Ley de Allen, utilizando la Ecuación 2.31

$$V_s = \sqrt{\frac{4 * 980}{3 * 0,5071} * (2,65 - 1) * 0,02} = 9,22 \text{ cm/s}$$

Calculada la velocidad de sedimentación se determino la zona de sedimentación a base de la velocidad de arrastre, la cual constituirá la velocidad máxima teórica que podría permitirse para la velocidad horizontal.

$$V_a = 161\sqrt{d} = 161\sqrt{0,02} = 22,77 \text{ cm/s}$$

Se asumió un factor de seguridad de 0,5

$$V_h = 0,5 * V_a = 0,5 * 22,77 = 11,4 \text{ cm/s}$$

Fijada la velocidad horizontal, se calculo la sección transversal por medio de la Ecuación 2.32

$$A_t = \frac{0,09006}{0,11} = 0,819 \text{ m}^2$$

Calculamos el área superficial por medio de la Ecuación 2.33.

$$A_s = \frac{11,4}{9,22} * 0,819 = 3,337 \text{ m}^2$$

Una vez realizados los cálculos se llegó a las dimensiones del desarenador, tal como se aprecia en el Apéndice F plano 11, se aprecia las características del desarenador, por lo que se le sugiere revisar el plano para su compresión.

Ancho de desarenador 0,8 m en el interior y en el exterior de 1,1m

Profundidad 1 m

Largo 4,5 m

El desarenador tendrá las siguientes características:

La parte del desagüe de limpieza del desarenador tendrá una pendiente del 10% tal como se aprecia en los plano 13, Apéndice F.

La distancia de separación entre la entrada y pantalla difusora es de 0,7 m.

La altura máxima en el fondo del desarenador es:

$$H = 1 + 0,1 * 1 = 1,1 \text{ m}$$

Con la Ecuación 2.34 se determinó la altura del vertedero de salida del agua.

$$H_v = \left[\frac{0,09006}{1,84 * 4,5} \right]^{2/3} = 0,1338 \text{ m}$$

La velocidad asumida de paso del agua entre los orificios es. : $V_o=0,1$ m/s.

El área total de la pantalla difusora se determinó por la Ecuación 2.35

$$A_o = \frac{0,09006}{0,1} = 0,9 \text{ m}^2$$

El numero de orificios de cálculo por medio de la Ecuación 2.36, el área asumida para cada orificio es de 0,05 m y se determinó el área de cada orificio $0,00196 \text{ m}^2$ (2")

$$n = \frac{0,9}{0,00196} = 459$$

La altura de la pantalla difusora se determino por medio de la Ecuación 2.37

$$h_{pf} = 1 - \frac{2}{5} * 1 = 0,6m$$

El numero que se asumido de filas de orificios (nf) es de 20 y el numero de columnas (nc) es de 23, para un total de 460 orificios.

Con la Ecuación 2.38 se determinó el espacimientto entre filas

$$a_1 = \frac{0,6}{20} = 0,03m$$

Así mismo el esparcimientto entre columnas se determino por la ecuación 2.39

$$a_2 = \frac{0,8 - 0,03(23 - 1)}{2} = 0,07 m$$

4.13.7. Trazado de la tubería de aducción.

El diseño de la línea de aducción para este sistema responde a necesidades en la conducción, adecuadas al caudal derivado, para éste se prevé una entrega eficiente del gasto requerido para uso agropecuario.

La tubería de aducción consta de una longitud de 43 m, la cual inicia en el dique toma a una elevación de 191,19 m.s.n.m. y finaliza donde se ubicara el tanque de almacenamiento, aquí propuesto, a una elevación de 190 m.s.n.m.

La diferencia de cota entre el punto inicial (191,19 m.s.n.m.) y el punto final (190 m.s.n.m.) define una carga disponible en el sistema de 1,19 mca por lo que se consigue un valor de carga disponible en el sistema de 1,19 mca, valor de importancia en la selección del diámetro de la tubería. Por otra parte, la diferencia entre el punto de cota máxima (193 m.s.n.m) y el punto de cota mínima (191 m.s.n.m.) define una carga estática máxima de 2,403 mca,

factor a considerar en la selección de la clase de tubería que soportara esas cargas hidrostáticas así como las características de la bomba.

La aducción transportara el caudal derivado en un tramo hasta el desarenador por una tubería de 5", que conducirá el caudal total a derivar (90,06 l/s) desde el dique toma hasta el desarenador, ubicado en la progresiva 0+048 Apéndice F, plano 06.

Tanto para el transporte del agua del dique-toma al desarenador así como para llevar el agua al tanque de almacenamiento se requiere bombear el agua ya que en este caso es requerida pues el sitio de captación se encuentra por debajo del desarenador así como del tanque de almacenamiento. Dentro de las condiciones para seleccionar la bomba se tomo en cuenta la potencia en m, así como el caudal requerido para dicho calculo se utilizo una hoja de caculo en Excel como se aprecia en el Apéndice H. Las características de la bomba se especifican a continuación y se aprecia con mayor detalle sus curvas características y cotización en el Apéndice H.

Bomba turbina 10HH-110 de 12 etapas y 140 HP Y 1750 RPM, para un caudal de 80 l/s a una altura de 4,5 m, el diámetro de entrada de 8" y diámetro de salida de 6" a 8".

Hemos considerado que como mínimo funcionen dos bombas de este tipo, eso debido a que una de ellas llevara el agua al desarenador y la otra llevara el agua al tanque, en caso de que no se este almacenado el agua en el tanque, esta bomba trabajara de manera paralela con la que captara el agua en el dique-toma, eso permitirá el enfriamiento de la bomba lo que le permitirá alargar la vida útil de la bomba.

4.13.8. Almacenamiento.

El almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, es un factor de gran importancia, ya que de la disponibilidad almacenada se

planifican los periodos de uso, a la vez que sirven como contingencia por fallas en la captación o aducción, dando autonomía a los usuarios en un tiempo prudencial para resolver los problemas que se puedan ocasionar, para efecto de este trabajo se realizó el almacenamiento solo como medida preventiva ósea, solo para casos de emergencia (crecida de la quebrada), debido a que se cuenta con suficiente agua para el suministro continuo a la finca; el almacenamiento para fines de regadío se consideró 1 día de acumulación.

Los criterios utilizados para la selección del tanque es el regadío de 6 Ha de pasto y 13 ha de caña de azúcar, que corresponde a los potreros del rebaño propuesto por Conquet y Terán (2012) tal como se aprecia en el Apéndice I , y el consumo diario de agua para el rebaño y el mantenimiento de las instalaciones tal como se aprecia en la Tabla 4.14 donde el requerimiento diario de agua es 50500 litros, además de las condiciones pluviométricas y en particular las temperaturas máximas y temperaturas mínimas, que con sus valores y el software ETo calculator, se determinó la ETo máxima para la zona de estudio la cual resulto 2,39 mm/día a continuación se presenta el cálculo de la cantidad de agua requeridos para un día de riego.

$$V = \frac{2,39 \text{ mm}}{\text{dia}} * \frac{1\text{m}}{1000\text{m}} * 1\text{m}^2 = 0,00239 \frac{\text{m}^3}{\text{dia}}$$

$$V = \frac{0,00239 \text{ m}^2}{\text{dia}} * \frac{10000\text{m}^2}{\text{Ha}} * 19\text{Ha} = 454,1\text{m}^3/\text{dia}$$

$$V = 454100 \frac{\text{l}}{\text{dia}} + \frac{50500\text{l}}{\text{dia}} = 504600\text{l}/\text{dia}$$

Es de hacer notar que la cantidad de agua demandada es para la 24 horas del día, por lo que en el caso del riego de dichos cultivos con una debida planificación se pueden regar mucho mas superficie.

De acuerdo al volumen de agua que se determino se selecciono el tanque que permita almacenar dicha cantidad de agua el cual estará ubicado en el potrero La Vega de la finca El Reto, en este lugar se realizo la prueba de capacidad de soporte del suelo para ello se procedió a realizar una calicata para luego tomar la muestra, las cuales fueron llevadas al laboratorio de materiales del Núcleo Universitarios Rafael Rangel de la Universidad de Los Andes donde se realizaron las pruebas correspondientes con la ayuda de la supervisora del laboratorio y la revisión del coordinador del laboratorio de materiales de construcción. Los resultados y la metodología que se utilizo se muestran en el Apéndice H, lo cual resulta apto para la construcción del tanque el sitio seleccionado con la conducción de que la mínima excavación que se hiciera para las fundaciones fuese de un mínimo de 1,5 m; las características del tanque son las siguientes:

Diámetro 18,2 m

Altura 2,63 m

Numero de anillo 4

Capacidad 573000 l

En el Apéndice F, se presenta la vista del tanque plano 14, vista detalle del tanque plano 15, vista infraestructura del tanque plano 16, vista de la malla truckson plano 17 y vista de la placa base del tanque plano 18.

Apéndice J se encuentra la memoria descriptiva, cronograma de ejecución de cada obra propuesta y la lista de materiales a utilizar en dique-toma, desarenador, tanque de almacenamiento de agua y la cotización del tanque.

4.14. Estimación de la inversión inicial para las obras propuestas.

Para la construcción de la obra de captación del dique-toma la inversión es de 292167,99 Bs, para la construcción del desarenador se tendrá una inversión inicial de 65968,50 Bs, la construcción de la losa de concreto para el tanque australiano tiene un costo de 702697,77 Bs y el tanque australiano 187029,92 Bs y dos bombas para una inversión total en las obras 1247846,18 Bs. En el Apéndice J se encuentra los, los presupuestos: dique-toma, desarenador, tanque de almacenamiento de agua y la cotización del tanque australiano.

bdigital.ula.ve

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se concluye que la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes es positiva debido a que la finca se abastece de dos fuentes de aguas: el Río Monaycito y la Quebrada La Beticó, pertenecientes al municipio Pampán del Estado Trujillo, las cuales cuentan con bastante superficie, lo que garantiza un alto potencial hídrico.

Las cuencas muestran hidrográficas que pertenecen a la cuenca interior, controlada por la garganta de la represa de Agua Viva donde fluyen las aguas. El Río Monaycito cuenta con una superficie de 18525,74 H y la Quebrada La Beticó con una superficie de 5756,96 Ha, las cuales concurren y delimitan la estación experimental, dicha estación posee un área de 347,46 Ha; la cual permite establecer la disponibilidad hídrica para calcular proyecciones de la planificación y uso del agua.

En relación con la evaluación de la disponibilidad del recurso hídrico para la planificación en la captación y almacenamiento del agua con fines de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes es positiva debido a que la finca se abastece de dos fuentes de aguas: el Río Monaycito y la Quebrada La Beticó, pertenecientes al municipio Pampán del Estado Trujillo, las cuales cuentan con bastante superficie, lo que garantiza un alto potencial hídrico.

La demanda hídrica de la estación experimental Finca El Reto de la Universidad de Los Andes es cubierta por las dos cuencas: Río Monaycito y La Quebrada La Beticó, pues sus caudales permiten cumplir los requerimientos hídricos de la finca. Este análisis se basó en un aforo realizado el 10/01/2013 cuyo caudal es de 0,623 m³/s en época de estiaje.

Para conocer la demanda hídrica de la finca se realizó el balance de los cultivos de caña de azúcar y pasto, siendo el valor más alto de evapotranspiración 2,39 mm/día, datos relevantes que permitieron estimar la demanda hídrica de la finca. Con respecto a las áreas de riego se realizó una estimación del caudal requerido para satisfacer la demanda hídrica completa de la Finca y no por parcelas, sumándole la superficie neta del suelo a cultiva, determinándose un área aproximada de 226,7 Ha. Obteniéndose una demanda hídrica total de 7.780.970 L/día.

Es de hacer notar que la cantidad de agua demandada es para las 24 horas del día, por lo que en el caso del riego de dicho cultivos con una debida planificación se pueden regar mucho mas superficie.

Para la determinación de la evapotranspiración de la zona (ET_c) se utilizó el software “Eto Calculator” de la FAO que opera de acuerdo a la metodología de Penman Monteenth en la cual el mayor valor obtenido fue 2,39 mm/día.

Para realizar el balance hídrico de la Finca El Reto se tomó en cuenta la proyección de 96 poteros con puntos para la explotación de ganado 100% Carora y 28 tablones de caña de azúcar, estos suelos poseen propiedades que permitieron determinar la humedad del mismo (capacidad y punto de marchites permanente y el resumen de las propiedades físicas de los suelos). Los datos antes mencionados determinaron que la caña de azúcar presenta un exceso en los meses de octubre hasta diciembre, siendo el mes de diciembre el que presenta un mayor valor y no presenta déficit de humedad en ningún mes del agua.

Según investigaciones realizadas en trabajos anteriores se determinó que el agua de la finca es apta para riego y consumo animal.

El levantamiento topográfico permitió seleccionar la sección más adecuada para el diseño de la obra de captación (dique-toma), que permitirá a la finca contar con una infraestructura hidráulica que permita garantizar el suministro para el buen desarrollo agroproductivo de la misma.

El almacenamiento en los sistemas de abastecimiento de agua, es un factor de gran importancia, ya que de la disponibilidad almacenada se planifican los periodos de uso, a la vez que sirven como contingencia por fallas en la captación o aducción, dando autonomía a los usuarios en un tiempo prudencial para resolver los problemas que se puedan ocasionar, para efecto de este trabajo se realizó el almacenamiento solo como medida preventiva ósea, solo para casos de emergencia (crecida de la quebrada), debido a que se cuenta con suficiente agua para el suministro continuo a la finca; y el volumen del tanque seleccionado fue de 573000 litros.

5.2. Recomendaciones

Realizar las obras propuestas para garantizar el buen funcionamiento de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

Hemos considerado que como mínimo funcionen dos bombas, eso debido a que una de ellas llevara el agua al desarenador y la otra llevara el agua al tanque, en caso de que no se este almacenado el agua en el tanque, esta bomba trabajara de manera paralela con la que captara el agua en el dique-toma, eso permitirá el enfriamiento de la bomba lo que le permitirá alargar la vida útil de la bomba.

Aprovechar sosteniblemente las potencialidades hídricas que posee la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes, para cubrir la demanda de riego.

Realizar estudios frecuentes para verificar si el agua presente en la zona reúne las condiciones organolépticas, fisicoquímicas y biológicas para el consumo de animales y riego de cultivos.

Se recomienda a la estación experimental finca El Reto medir el caudal con regularidad ya sea de forma manual o con la implementación de equipos e instalar una estación meteorológica, esto para tener registros que permitan planificar el uso consuntivo así como también para no hacer vulnerables las obras de infraestructura que se vayan a realizar en la zona. Realizar las obras propuestas para garantizar el buen funcionamiento de irrigación de la Finca El Reto de la Universidad de Los Andes.

bdigital.ula.ve

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

Arias, F. (1999). El proyecto de investigación. Guía para su elaboración. Caracas. EPISTEME.

Arias, F. (2006). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (5ª ed.). Caracas: Episteme.

Arocha, S. (1978). *Abastecimientos de agua. Teoría y Diseño*. Caracas: Ediciones Vega srl.

Castro, A. (2008). *Diseño de una línea de aducción con fines de riego para el lote "B" de la finca "El Reto" ubicada en la parroquia de la Paz municipio Pampan del estado Trujillo*. Trabajo de grado publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Casanova, L (2002). Topografía plana. Taller de publicaciones de ingeniería Universidad de Los Andes. Venezuela.

Duran, J (2011). Hidráulica aplicada, maquinas hidráulicas, tuberías y canales. Fondo editorial "Mario Briceño Irragorry" Universidad de Los Andes. Venezuela.

Finol, L y Falcón, R. (1996). *La planificación estratégica y el desarrollo agrícola*. Ediciones de la Universidad Ezequiel Zamora. Barinas, Venezuela.

FAO. (1999). *Directrices para la Integración de Agricultura y el Desarrollo Rural Sostenible en la Política Agrícola*. Organización de las naciones unidas para la agricultura Y la alimentación. Roma.

FAO 56. (2006). *Evapotranspiración del cultivo*. Organización de las naciones unidas para la agricultura Y la alimentación. Roma.

Gomella, C. (1973). *La sed del mundo*. Barcelona, España: Labor.

Guevara, E. (1990). *Ingeniería de Riego y Drenaje*. Valencia: EGN.

Guevara, E. y Cartaya, H. (1991). *Hidrología, una introducción a la ciencia hidrológica aplicada*. Gueca ediciones. Valencia-Venezuela. Pp. 1-16 y pp. 301-309.

Grassi, C. (1977). *Operación y Conservación de Sistemas de Riego*. Mérida: CIDIAT.

Grassi, C. (1981). *Métodos de riego*. Mérida: CIDIAT.

Grassi, Carlos (1998). *Fundamentos del riego*. (2^{da} ed.). Mérida: CIDIAT.

Grassi, Carlos (2001). *Operación y mantenimiento de sistemas de riego*. Mérida: CIDIAT.

Hurtado, J. (2006). *El proyecto de investigación*. Cuarta edición ampliada. Bogotá. Quirón.

Mejías, J. (2011). *Apuntes tomados en clases presenciales de la materia Obras Hidráulicas*. ULA- NURR. Trujillo, Venezuela.

Maldonado, R. (1998). *Diseño preliminar de una obra de captación y un canal de derivación en el río Monaycito para la finca El Reto de la ULA-NURR en la localidad de Monay Parroquia la Paz, Municipio Pampan Estado Trujillo*. Trabajo de grado publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Méndez, C. (2003). *Metodología: diseño y proceso de investigación* (4^{ta} ed.). Bogotá: McGraw-Hill.

Metcalf & Eddy, Inc (1995). *Ingeniería de aguas residuales*. Mc Graw Hill. 3^a Edición (1995) [

Peña, E. (2000). *Estudio a Nivel de Prefactibilidad para la instalación de un Sistema de Riego por Aspersión para los sectores Paspás, Cajui, Estibanda y la Ensillada de Santiago Municipio Urdaneta Estado Trujillo*. Trabajo de grado no publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Razury, L.; Rosales, J. y Hernandez. J. (2009). Formulación de alternativas de uso del agua con base en el balance disponibilidad-demanda en la zona de Santa Rosa, sector la Hechicera del estado Mérida. *Revista la Academia* , 8(16), 44-64.

Romero, E. (1972). *Introducción, ciclo hidrológico*. Curso de hidrología para observadores hidrometeorológicos. SIE. 55149-3 caracas. 11p.

Ruiz, J. (1990). *Principales características morfométricas de cinco cuencas del estado Cojedes, su correlación e inferencias en el aspecto cualitativo del escurrimiento*. UNELLEZ- san Carlos, estado Cojedes-Venezuela. 246p.

Ruiz, J. (1996). *Evaluación de las aguas subterráneas de la zona delimitada por la carretera nacional troncal 5 y los ríos Cojedes y tinaco en el estado Cojedes*. Tesis Msc. UNELLEZ, vice-rectorado de producción agrícola. Guanare, Venezuela. 281 p.

Ruiz, D. (1998). *Parámetros morfométricos, su influencia en el escurrimiento*. Guía de estudio. Material de enseñanza. UNELLEZ. San Carlos, estado Cojedes- Venezuela. 70 p.

Ruiz, D. (1999). *Introducción a la hidrología*. Material didáctico. UNELLEZ- San Carlos, estado Cojedes- Venezuela. 45 p.

Ruiz, D. (1999). *La conservación y el manejo de las cuencas del estado Cojedes como fuente productora de escurrimiento superficial*. In memoria seminario taller ambiental, problemática Cojedes. . UNELLEZ- San Carlos, estado Cojedes- Venezuela. 16 p.

Salazar, L y Albarran, J.(2003). *Rehabilitación y mejoramiento de la Línea de Aducción del Sistema de Riego “Los Hoyos”, Parroquia Andrés Linares Municipio Trujillo Estado Trujillo*. Trabajo de grado no publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Tamayo, M. (2001). *El proceso de la investigación científica* (4^a ed.). México: Limusa.

Sánchez, Libert (2011). *Evaluación con fines de operación y rehabilitación del sistema de riego del sector “Las Palmitas”, parroquia Mosquey, municipio Boconó del estado Trujillo*. Trabajo de grado no

publicado. Universidad de Los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.,

Torres, Y. (2010). *Evaluación técnica con fines de rehabilitación de un sistema de riego por aspersion instalado en la "Finca La Torrentera", sector El Jarillo, parroquia Rafael Rangel municipio Boconó del estado Trujillo.* Trabajo de grado no publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Uzcátegui, J. (2005). *Diseño de la Obra de Captación, Conducción y almacenamiento del Sistema de Riego "Santiago" del Municipio Urdaneta del Estado Trujillo.* Trabajo de grado no publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Vásquez, y González (1993). *Diseño de un sistemas de riego para la unidad de producción agropecuaria UPAULA.* Monay estado Trujillo. Trabajo de grado no publicado. Universidad de los Andes Núcleo Universitario Rafael Rangel, Trujillo.

Constitución de la república bolivariana de Venezuela (gaceta oficial 5.453 extraordinarios). (2000, Marzo 24). Asamblea nacional.

Ley orgánica del ambiente. (Gaceta Oficial No. 5.833 Caracas. (2006, Diciembre, 22). Asamblea Nacional.

Ley de aguas. (Gaceta Oficial 38.595). (2007, Enero 02). Asamblea Nacional.

Andressen. R. (2004). *El futuro del agua en Venezuela* [Re, vista en línea]. N° 04 Consultado marzo 2011 en: http://www.eraecologica.org/revista_04/era_ecologica_4.htm?portada.htm~mainFrame.

Agua potable y saneamiento en América Latina. [Pagina web]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Agua_potable_y_saneamiento_en_Venezuela (consulta 29 de marzo 2011).

América Latina está perdiendo aceleradamente su sustentabilidad hídrica. [Pagina web]. Disponible en: <http://ecoportal.net/content/view/full/73221> Consultada el 29 de marzo de 2011.

Concepto de planificación. [Pagina web en línea]. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos34/planificacion/planificacion.shtm#planif>(consulta 29 de marzo 2011).

Plan de desarrollo región andina Mérida, Táchira y Trujillo. [Pagina web en línea]. Disponible en: [www.corpoandes.gov.ve/files/.../Plan de Desarrollo Regional.pdf](http://www.corpoandes.gov.ve/files/.../Plan_de_Development_Regional.pdf)

Manual de tanques australianos. disponible en la URL: <http://www.sanchezciaindustrial.com/images/agrometal/Manual%20Tanques%20Aust.%20Cgds.%20Marzo%202012.pdf>(consulta 10 de febrero 2013).

Especificaciones técnicas para El diseño de captaciones por gravedad de Aguas superficiales. Disponible en la URL: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/e115-04disenocapta.pdf> (consulta 10 de febrero 2013).

Guía para el diseño de desarenadores y sedimentadores. Disponible en: <http://www.bvsde.ops-oms.org/tecapro/documentos/agua/158esp-diseno-desare.pdf> (consulta 20 de febrero 2013).