

***EVALUACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN Y REHABILITACIÓN
DEL SISTEMA DE RIEGO DEL SECTOR “LAS PALMITAS”,
PARROQUIA MOSQUEY, MUNICIPIO BOCONÓ DEL ESTADO
TRUJILLO.***

Por:
Libert L. Sánchez P.

TRABAJO DE GRADO QUE SE PRESENTA ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE
LOS ANDES NUCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL” COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA



**UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES**

***UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
NUCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL”
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
TRUJILLO – VENEZUELA
2011***

***EVALUACIÓN CON FINES DE OPERACIÓN Y REHABILITACIÓN
DEL SISTEMA DE RIEGO DEL SECTOR “LAS PALMITAS”,
PARROQUIA MOSQUEY, MUNICIPIO BOCONÓ DEL ESTADO
TRUJILLO.***

Por:
Libert L. Sánchez P.

TRABAJO DE GRADO QUE SE PRESENTA ANTE LA ILUSTRE UNIVERSIDAD DE
LOS ANDES NUCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL” COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OPTAR AL TITULO DE INGENIERO AGRICOLA

Prof. Ricardo Trezza
Tutor Académico

Prof. Jesús E. Mejías
Co-tutor Académico

Prof. Aixa Núñez
Asesor Académico

***UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
NUCLEO UNIVERSITARIO “RAFAEL RANGEL”
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA
TRUJILLO – VENEZUELA
2011***

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso y a la Virgen por ser la fuente de fortaleza en mi vida.

A mi Madre Blanca Perdomo de Sánchez, por su fuente inagotable de amor, aliento y oraciones, en quien encuentro ejemplo viviente de virtud y entrega por la familia.

A mi tía María Luisa, segunda Madre y motor familiar en quien todas las personas encuentran el más bondadoso de los seres humanos.

A mi hermano José Gregorio, columna vertebral de mi familia y mi guía en los momentos cruciales de mi vida.

A mis hermanas Mairely y María Alejandra, su presencia en mi vida ha sido siempre el mejor de los regalos y la mayor bendición.

A mis sobrinos Yumaili, José Alejandro, Marco Alejandro, José Gregorio, William y Marianita, mi amor y apoyo incondicional.

A Linda cuyo amor y nobleza cambiaron mi vida, mujer de infinitas virtudes y corazón colmado de bondad, con quien espero alcanzar las metas que la vida me depare.

A mi viejo amigo y hermano de vida Jaime Daniel Rivas Buchelli, por su amistad y guía en los momentos difíciles, cuyo consejo y apoyo me confortaron en todo momento.

AGRADECIMIENTO

A nuestra ilustre Universidad de Los Andes, que hace posible los sueños de quienes luchan por ellos.

A la Profesora Aixa Núñez, por sus valiosas enseñanzas y constante empeño en convertir a sus estudiantes en profesionales capaces.

A mis Tutores Prof. Jesús E. Mejías y Ricardo Trezza, por su guía, colaboración y amistad.

Al Profesor Ulneiver Mejía, por su constante colaboración en los momentos que acudí por su ayuda.

A María Claret, por su amistad, colaboración y paciencia de hierro para conmigo y mis tutores.

A mis amigos y compañeros Diego Barreto, José Valera Cabrera, Ferdinan Fernández, Guido Leal, Karol Parada, Dixon Montilla, Eduardo Conquet, Yusmari Teran, Olegario De La Cruz y Adrianna Gudiño.

A los Señores Pablo y Sulma, de la Biblioteca “Aquiles Nazoa” del ULA-NURR por su ayuda constante.

INDICE

PORTADA	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
INDICE	iv
LISTA DE TABLAS	vi
LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE SIMBOLOS	viii
LISTA DE APENDICE	x
RESUMEN	xi
Capitulo	
I.- INTRODUCCIÓN	1
Objetivos	3
II.- REVISIÓN BIBLIOGRAFICA	
2.1. El agua	5
2.2. Capacidad de campo, Porcentaje de marchitez y humedad disponible	6
2.3. El riego, volumen y eficiencia	7
2.4. Eleccion del método de riego	8
2.5. Métodos de riego	8
2.6. Abastecimiento de agua	14
2.7. Obras de captación	17
2.8. Tipos de obras de captación	18
2.9. Líneas de aducción	20
2.10. Estanques de almacenamiento	21
2.11. Obras complementarias	23
III.- INFORMACIÓN BASICA DEL AREA DE ESTUDIO	
3.1. Localización	24
3.2. Relieve	25
3.3. Geología y geomorfología	26
3.4. Suelos y uso potencial	26
3.5. Principales potencialidades y restricciones de la zona	27
3.6. Clima	28
3.6.1. Precipitación	28
3.6.2. Temperatura	30
3.6.3. Humedad relativa	31
3.6.4. Evaporación	33
IV.- ESTIMACION DE LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS	
4.1. Oferta recurso hídrico	35
4.2. Demanda del recurso hídrico	37

4.3. Caudal modulo	50
V.- DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, ADUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN	
5.1. Generalidades	53
5.2. Captación	54
5.3. Aducción	58
5.4. Almacenamiento	61
5.5. Distribución del agua a partir de la obra de almacenamiento	63
4.6. Análisis y conclusiones del diagnostico	64
VI.- DISEÑO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS REQUERIDAS	
6.1. Obra de captación	66
6.2. Desarenador	68
6.3. Aducción	69
6.4. Almacenamiento	74
VII.- CALCULO DE LA INVERSIÓN INICIAL	76
VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	81
8.1. Conclusiones	81
8.2. Recomendaciones	82
Referencias bibliográficas	84
Apéndices	85

LISTA DE TABLAS

Tabla	Descripción	Pág.
3.1	Registro de precipitación promedio. Hacienda San Giusto	28
3.2	Registro de precipitación promedio. Aeropuerto de Boconó	29
3.3	Registro de temperatura media. Hacienda San Giusto	30
3.4	Registro de temperatura media. Aeropuerto de Boconó	31
3.5	Registro de relativa humedad promedio. Hacienda San Giusto	31
3.6	Registro de humedad relativa promedio. Aeropuerto Boconó	32
3.7	Registro de evaporación media. Hacienda San Giusto	33
3.8	Registro de evaporación media. Aeropuerto Boconó	33
4.1	Resultados de aforo Quebrada "Zanjón de Los Cedros"	35
4.2	Resultados estudios calidad de agua	37
4.3	Valores de temperatura, Tmax, Tmin, HR, n, u, Eto	39
4.4	Valores de Kc para el repollo	41
4.5	Valores de Kc para la calabacín	41
4.6	Valores de Kc para la auyama	41
4.7	Resultados de evapotranspiración del repollo	44
4.8	Resultados de evapotranspiración del calabacín	44
4.9	Resultados de evapotranspiración de la auyama	44
4.10	Valores de precipitación efectiva	45
4.11	Balance hídrico para el cultivo de repollo	47
4.12	Balance hídrico para el cultivo de calabacín	48
4.13	Balance hídrico para el cultivo de auyama	49
4.14	Valores del caudal modulo para los cultivos Número máximo de hectáreas a	51
4.15	regar	51
5.1	Identificación de puntos especiales en la aducción	62
6.1	Lista de coordenadas del levantamiento topográfico	67
6.2	Resumen tramos de tuberías	62
6.3	Posiciones de ventosas y válvulas	73
6.4	Características de los tanques	75
7.1	Presupuesto obra de captación Presupuesto	76
7.2	desarenador	77
7.3	Presupuesto línea de aducción	77
7.4	Presupuesto almacenamiento agua potable	78
7.5	Presupuesto almacenamiento riego	79
7.6	Cuadro resumen inversión inicial	79

LISTA DE FIGURAS

Figura	Descripción	Pág.
3.1	Ubicación del área de estudio	25
3.2	Precipitación promedio. Estación Hacienda San Giusto	29
3.3	Precipitación promedio. Estación Aeropuerto de Boconó	29
3.4	Temperatura media. Estación Hacienda San Giusto	30
3.5	Temperatura media. Estación Aeropuerto de Boconó	31
3.6	Humedad relativa media. Estación Hacienda San Giusto	32
3.7	Humedad relativa media. Estación Aeropuerto de Boconó	32
3.8	Evaporación media mensual. Estación Hacienda San Giusto	33
3.9	Evaporación media mensual. Estación Aeropuerto de Boconó	34
4.1	Curva de coeficiente de cultivo para el repollo	42
4.2	Curva de coeficiente de cultivo para el calabacín	42
4.3	Curva de coeficiente de cultivo para la auyama	43
4.4	Balance hídrico para el cultivo de repollo	47
4.5	Balance hídrico para el cultivo del calabacín	48
4.6	Balance hídrico para el cultivo de auyama	49
5.1	Canal de derivación realizado por los pobladores	54
5.2	Canal de derivación con toma directa realizado por los usuarios	55
5.3	Detalles de la captación actual	56
5.4	Entrada al desarenador	56
5.5	Abertura en tapa de desarenador	57
5.6	Tubería aliviadero (superior) y de limpieza (inferior)	58
5.7	Fuga de agua por como resultado de exceso de presión	59
5.8	Caudal entregado por la aducción	60
5.9	Exposición de la tubería por efectos de la erosión	60
5.10	Tránsito aéreo de la tubería	61
5.11	Condiciones externas de la obra de almacenamiento	63
5.12	Condiciones externas de la obra de almacenamiento	63

LISTA DE SIMBOLOS

Símbolo	Definición
A	Área
A.E.	Área de estudio
Al.	Almacenamiento
Bl	Borde libre
Cáp.	Capacidad
CC	Capacidad de campo
Ce	Coefficiente de elevación
cm	Centímetros
Ct	Coefficiente de temperatura
Da	Densidad aparente
Def.	Déficit
E	Elevación del área de estudio
Ev	Evaporación
Ex.	Exceso
F	Franco
f	Factor de fricción adimensional
Fa	Franco arenoso
FA	Franco Arcilloso
FAa	Franco Arcillo arenoso
G	Aceleración de la gravedad
gr/cm ³	Gramos por centímetros cúbicos
H	Altura
H	Altura vertedero
Ha	Hectáreas
Hf	Perdida de carga
l/s	Litros por segundo
L	Longitud
Lbs	Libras
L	Litros
M	Metro
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
m ²	Metros cuadrados
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
mm/d	Milímetros por día
N	Coefficiente de rugosidad
°C	Grados Centígrados

P.E.A.D.	Polietileno de alta densidad
P.S.I.	Presión nominal de la tubería en libra fuerza por pulgada cuadrada
PMP	Punto de marchitez permanente
Q	Caudal
R	Radio hidráulico
s	Segundos cuadrados
So	Pendiente
T	Temperatura
V	Velocidad
Y	Tirante de agua
Φ	Diámetro

bdigital.ula.ve

LISTA DE APÉNDICES

Apéndice	Descripción
A	Perfil longitudinal aducción y distribución Planos 01, 02, 03, 04 y 05
B	Curvas de nivel, obra de captación, limpieza y almacenamiento Planos 06, 07, 08, 09, 10, 11 y 12
C	Cálculos realizados para las líneas de aducción
D	Resultados de aforo y análisis de calidad del agua
E	Cómputos métricos de las obras necesarias
F	Cotizaciones de tanques australianos para agua potable y riego

RESUMEN

Este trabajo se centra en la evaluación y diseño de las obras que conforman la captación, conducción y almacenamiento del recurso hídrico para la comunidad de “Las Palmitas” de la parroquia Mosquey del municipio Boconó del estado Trujillo. Este sistema hidráulico beneficia principalmente a dicha comunidad en el abastecimiento de agua potable y en el presente trabajo se evaluó la posibilidad de utilizar el caudal excedente para uso de riego agrícola

Se realizó una revisión de la información básica del área de estudio, en la cual se evidenció la grave limitación del recurso hídrico para el desarrollo agrícola, y en parte en el abastecimiento de agua potable de la población. Se realizó una evaluación de la aducción y obras hidráulicas existentes en el área, la cual arrojó la necesidad del rediseño de la obra de toma y la necesidad de una segunda tubería de aducción para abastecimiento de agua de riego. Para el diseño de las obras necesarias, se realizó el levantamiento planialtimétrico de un tramo del cauce de la quebrada “Zanjón de Los Cedros,” a fin de seleccionar la sección más adecuada, así como también se diseñó la línea de aducción que finaliza en el dispositivo de almacenamiento y la línea de distribución, que inicia en el almacenamiento hasta el último punto de toma.

El estudio de la demanda de agua agrícola se realizó considerando tres cultivos de ciclo corto: repollo, auyama y calabacín. La comparación entre oferta y demanda, resultó en un número máximo de 9,2 ha a regar; este número limitado de hectáreas es debido a la poca disponibilidad de agua remanente para riego, una vez descontado el caudal necesario para abastecimiento humano y el caudal ecológico a conservar en la quebrada.

Palabras clave: Riego, comunidad, aducción, captación, demanda.

INTRODUCCION

El agua es el compuesto químico más abundante del planeta resultando indispensable para el desarrollo de la vida, y por consiguiente es un factor de producción clave para la agricultura, ya que la producción de biomasa está íntimamente ligada a la necesidad del recurso hídrico. Por otra parte, la agricultura depende de las condiciones hidrológicas donde ésta se desarrolle e inevitablemente ocurren desequilibrios entre las precipitaciones y las demandas hídricas de los cultivos, lo cual genera graves consecuencias tanto para los rendimientos como para la calidad de los productos agrícolas.

De acuerdo a esto, se generan factores predominantes a la hora de establecer la necesidad de irrigar un cultivo como la temperatura del ambiente, el clima, intensidad de la luz, el viento, el grado de humedad de la atmósfera y la cantidad de agua que las plantas utilicen para disolver los aportes minerales y orgánicos que retendrá dentro de su estructura; así como factores de carácter edáfico, entre los cuales se puede destacar la medición de la porosidad de la estructura del suelo, y su contenido en arenas, limos y arcillas como agentes determinantes de la permanencia del agua en la zona radicular de donde las plantas van a extraer el agua, y al mismo tiempo, su sustento.

En este sentido, y dada la evidente importancia de la agricultura para el ser humano, tanto para su subsistencia como para la economía de las sociedades, se hace ineludible realizar labores técnicas en aras de maximizar la producción por unidad de terreno cultivable, tomándose siempre en consideración los factores demanda y oferta del cada vez más escaso recurso hídrico. Es por esto que se da la necesidad de la evaluación, rehabilitación, diseño o ampliación de sistemas de riego, con el fin de lograr aumentar la superficie irrigable con lo que se lograría la sostenibilidad y sustentabilidad de la agricultura y del recurso hídrico disponible.

La comunidad de “Las Palmitas”, ubicada en la parroquia Mosquey del municipio Boconó del estado Trujillo, cuenta con un sistema de aducción y almacenamiento en precarias condiciones que requieren de una debida evaluación a fin de optimizar su buen

desempeño para el abastecimiento de los requerimientos domésticos y agrícolas de dicha población. El sistema actual fue diseñado para abastecer las necesidades domésticas al cual posteriormente se anexaría una red de distribución con fines de riego. Por tanto se amerita elaborar un proyecto que determine si la fuente de agua puede satisfacer la demanda hídrica que la superficie con potencialidades de producción requiere para su desarrollo. De ser factible la incorporación de una red de riego en relación a la capacidad de la fuente de abastecimiento se realizará un diseño para la toma y aducción acorde a los requerimientos de la zona.

Debido a lo anteriormente planteado, los miembros de la comunidad de Las Palmitas, recurren al NURR-ULA (Departamento de Ingeniería) para que les asesoren en la elaboración del proyecto que solvete sus necesidades técnicas. Planteándose de esta manera el proyecto de la evaluación con fines de rehabilitación del sistema de riego de la zona mencionada.

bdigital.ula.ve

Objetivo general:

- Evaluar con fines de operación y rehabilitación el sistema de riego del sector “Las Palmitas”, ubicado en la parroquia Mosquey, municipio Boconó del estado Trujillo.

Objetivos específicos:

- Analizar las características físico-naturales del área en estudio, principalmente lo referente a clima, suelos, relieve, vegetación natural y cultivos.
- Realizar la proyección de población, a fin de estimar las necesidades de agua para consumo humano en el área de estudio.
- Evaluar la disponibilidad de agua a captar de la fuente de abastecimiento para cubrir las necesidades de agua potable y riego.
- Estimar las necesidades hídricas de los principales cultivos de la zona para analizar la demanda de agua de los mismos.
- Evaluar las obras de captación, aducción y medios de almacenamiento de la comunidad y rediseñar en los casos necesarios.
- Calcular la inversión inicial de las obras propuestas.

JUSTIFICACION

Las prácticas conservacionistas para el manejo de recursos (en todas sus variables), debe ser indispensable en la toma de decisiones para las zonas agrarias, donde sus potencialidades deben generar un incremento en el rendimiento y producción para el cual están destinados. Uno de los recursos más susceptibles en el manejo y planificación de la agricultura, es el recurso hídrico. Éste aporta los agentes químicos y biológicos necesarios para que un sistema planificado sea perdurable, y aun más la preservación para futuras generaciones, como parte obligatoria.

Debido a estos principios fundamentales en la administración de recursos naturales, se da la necesidad de realizar una debida evaluación a los sistemas de riego existentes en los predios agrícolas, con el fin de garantizar un funcionamiento adecuado a los requerimientos agronómicos e hidráulicos para los cuales fueron diseñados.

Las obras que conforman el actual sistema de riego de la comunidad de “Las Palmitas”, ubicada en la parroquia Mosquey, municipio Boconó del estado Trujillo, necesitan ser evaluadas para analizar las posibilidades de riego en la zona, una vez satisfechas las necesidades de agua potable de sus pobladores. En este sentido, se plantea la necesidad de realizar una evaluación del sistema a fin de contribuir a una mejor distribución domestica, con la rehabilitación del mismo; así como para el riego de rubros agrícolas, abarcando la posibilidad de realizar modificaciones que permitan mejorar el referido sistema, permitiendo de esta manera incorporar a la red de distribución un caudal que permita el riego de algunos sectores donde las condiciones topográficas y la demanda de los cultivos lo permitan.

CAPÍTULO II

REVISION BIBLIOGRÁFICA

2.1. EL AGUA

2.1.1. Situación hídrica en el mundo

El agua es esencial para la mayoría de las formas de vida conocidas por el hombre, incluida la humana. El acceso al agua potable se ha incrementado durante las últimas décadas en la superficie terrestre. Sin embargo, estudios de la UNESCO (2011), estiman que uno de cada cinco países en vías de desarrollo tendrá problemas de escasez de agua antes del 2030; en esos países es vital un menor gasto de agua en la agricultura modernizando los sistemas de riego.

2.1.2. Situación hídrica en Venezuela

La planificación del manejo y gestión de los recursos hídricos en Venezuela 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 la construcción de sistemas de presas, embalses e infraestructura de riego. Los aportes provenientes de la exportación de petróleo, en una situación de precios ventajosos, permitió que el Estado hiciera fuertes inversiones en desarrollos de aprovechamiento hidráulico, algunos, aún hoy en día, no plenamente utilizados.

La disponibilidad natural de agua en Venezuela está constituida por el balance entre las entradas, representadas por la precipitación y los aportes laterales provenientes de Colombia, y las salidas representadas por las pérdidas por evaporación, evapotranspiración y flujos transfronterizos hacia Brasil y Guyana.

2.1.3. Calidad del agua

La calidad del agua de riego para Gurovich (1985) se determina por la composición y concentración de los constituyentes que pueda contener el agua en solución o suspensión, adquiridos durante su transporte desde los puntos de precipitación e infiltración hasta donde es utilizada. Esa calidad es determinante en el comportamiento de los suelos y los cultivos en los aspectos relacionados con la salinización, la dispersión o destrucción de la estructura, la depositación de sedimentos y la diseminación de plagas y enfermedades fungosas.

Las características que determinan el agua de riego son:

- La concentración total de sólidos en suspensión.
- La concentración total de sales solubles.
- La concentración relativa de sodio en relación a otros cationes.
- La concentración de boro u otros elementos tóxicos.
- La dureza del agua, o sea la concentración de bicarbonatos en relación a los cationes divalentes.
- La presencia de semillas de malezas, esporas de hongos patógenos y huevos o larvas de insectos.

2.2. CAPACIDAD DEL CAMPO, PORCENTAJE DE MARCHITEZ Y HUMEDAD DISPONIBLE

Para Grassi (1981) la humedad del suelo se mantiene por fuerzas cohesivas y adhesivas, pudiéndose considerar que el contenido total de humedad de un suelo húmedo situado encima de la mesa de agua, consta de tres tipos de humedad: 1 Agua de gravitación, que drenara de un volumen de suelo bajo el efecto de la gravedad; 2 La humedad disponible para las plantas, pero que será retenida por el suelo aún cuando sea drenado, y 3 la humedad que no se encuentra a disposición de las plantas o aquella que es retenida por el suelo al marchitarse las plantas sin recuperarse hasta

que nueva agua es agregada al suelo, lo que se considera porcentaje permanente de marchitez.

2.3. EL RIEGO, VOLUMEN Y EFICIENCIA

2.3.1. El riego

Grassi (1981 y 1998) define el riego como una actividad resultante de las acciones del hombre, donde se tiene como objetivo básico la reposición al suelo del déficit de humedad que resulta de la insuficiencia de precipitación para compensar la evapotranspiración de los cultivos. Complementariamente, el riego asegura la lixiviación de sales para mantener el balance salino del suelo y garantizar en general mejores condiciones físicas para el laboreo y mejores condiciones ambientales para el desarrollo de los cultivos.

Análogamente Israelsen y Hansen (1962) citados por Grassi (1998) especifican que el riego es la aplicación artificial de agua a la tierra, con el fin de suministrar a las especies vegetales la humedad necesaria para su desarrollo. Unido a este concepto, estos autores plantean los siguientes objetivos específicos del riego:

- Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos puedan desarrollarse.
- Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.
- Enfriar el suelo y la atmosfera para, de esta forma, mejorar las condiciones ambientales en bien del desarrollo vegetal.
- Llevar o diluir sales contenidas en el suelo.
- Reducir el peligro de erosión por la formación de cauces naturales de drenaje.
- Ablandar los terrones de tierra.

2.3.2. Volumen del riego

Rebour y Deloye (1971) establecen que el agua mal dosificada puede ser distribuida con parquedad o con demasiada generosidad. Los riegos insuficientes

humedecen la superficie del suelo, quedando expuesta el agua a una evaporación directa, que la agota rápidamente, lo cual obliga a múltiples intervenciones, trayendo como consecuencia un despilfarro de agua y de mano de obra.

Los riegos demasiado abundantes humedecen profundamente la tierra y sobrepasan la zona en que se alojan las raíces. Toda el agua que queda fuera del alcance de estas últimas, tanto en profundidad como en anchura, se pierde para ellas completa y definitivamente, si han alcanzado su estado adulto. Es un accidente frecuente en las tierras arenosas y cuyas funestas consecuencias se ignoran demasiado.

2.3.3. Eficiencia del riego

Grassi (1981) estiman que el agua de riego no puede ser aplicada al suelo de manera uniforme. Para satisfacer adecuadamente todas las partes de un campo de cultivo, debe aplicarse agua en exceso. La proporción de la cantidad de agua requerida para satisfacer las necesidades de evapotranspiración, más la requerida para la lixiviación al total de agua llevada al área para riego, es lo que se conoce como eficiencia total de riego, perdiéndose cierta cantidad por percolación profunda o por evaporación de los canales (en el caso de riego por superficie). La relación entre lo realmente necesario y lo requerido por el suelo es lo que se llama eficiencia de aplicación del riego.

2.4. ELECCIÓN DEL MÉTODO DE RIEGO

En lo que se refiere al método de riego Gurovich (1985) enfatiza su importancia para conseguir los máximos beneficios merced al aumento de la producción de los cultivos. Si se emplea un método inadecuado se puede producir fallas en el riego y posiblemente causarse serios daños al suelo. El abuso del agua de riego puede ocasionar erosión del suelo, encharcamiento, acumulación de salinidad y un gasto inútil del capital invertido en la instalación del sistema de riego.

Debido a esto, el autor, señala que cada sistema de riego es más o menos idóneo según ciertas circunstancias y características del terreno. El conocimiento a fondo del suelo, la topografía, el abastecimiento de agua y otros factores que puedan influir en el riego, contribuyen a seleccionar el método apropiado.

2.5. MÉTODOS DE RIEGO

Según Castañón (2000) los métodos de riego son tres:

- Riego por gravedad.
- Riego localizado.
- Riego por aspersión.

2.5.1. Riego por gravedad.

Grassi (1984) precisa que en el riego por superficie o riego por gravedad, el agua escurre a través de pequeños cauces: surcos; o en delgada lamina que cubre íntegramente el terreno: melgas o bordos.

Hidráulicamente, los surcos y las melgas funcionan de la misma manera que los canales; la diferencia fundamental estriba en que, en estos se intenta conducir el máximo caudal posible a distancias considerables con la mínima pérdida por infiltración, en los surcos y melgas, precisamente lo que se intenta es hacer que en cortos recorridos, se infiltre el agua aplicada.

A este particular, Rebour y Deloye (1971) destacan que cuando se trabaja en grandes extensiones, una debida e imprescindible visión del conjunto no se obtiene más que con un plano debidamente detallado. Si se trabaja en una parcela de pendiente uniforme, el trabajo se simplifica mucho, caso contrario de suelos de topografía ondulada, donde se deben combinar los sistemas, modificar las dimensiones o direcciones de las unidades de riego, rectificar las pendientes, entre otros.

2.5.2. Riego localizado

Según Castañón (2000) el riego localizado es el más moderno de los métodos y su desarrollo se debe principalmente a los avances tecnológicos desarrollados en las últimas décadas. Este método agrupa los sistemas caracterizados por una red de distribución de agua fija que permite pequeños aportes hídricos continuos o frecuentes en lugares determinados en relación con el cultivo, de forma que la infiltración de dicha agua solo se produzca sobre una fracción reducida de la superficie del suelo.

Análogamente Gurovich (1985) expone que mediante este método, el agua es transportada a través de una extensa red de cañerías o tuberías plásticas hasta cada planta; el aparato que emite el agua en el suelo se denomina emisor o gotero. Los emisores disipan la presión que existe en la red de cañerías por medio de un orificio de pequeño diámetro, o por medio de un largo camino de recorrido; de esta forma disminuye la presión del agua y permite descargar desde el sistema hacia el suelo solamente unos pocos litros por hora por cada gotero.

2.5.3. Riego por aspersión

En el método de riego por aspersión, se realizara una explicación un poco más detallada ya que éste, por sus características, así como por las características del terreno, es el que permitirá a los usuarios la comunidad de “Las Palmitas” de la parroquia Mosquey del estado Trujillo, una mayor eficiencia de aplicación del recurso hídrico y por ende, de su aprovechamiento.

Hernández (1992) define el riego por aspersión, como la aplicación artificial de agua al terreno, tratando de imitar la lluvia natural, forzando el agua a través de aberturas o boquillas, mediante presión que se incorpora a las tuberías del sistema por medio de una bomba, o por gravedad, si las condiciones de desnivel entre la fuente de agua y la zona de riego así lo permiten.

Los sistemas de riego por aspersión se adaptan bastante bien a topografías ligeramente accidentadas, tanto con las tradicionales redes de tuberías como con las máquinas de riego. El consumo de agua es moderado y la eficiencia de uso bastante aceptable. Sin embargo, la aplicación del agua en forma de lluvia está bastante condicionada a las condiciones climáticas que se produzcan, en particular al viento, y a la aridez del clima, que provocarían la evaporación prematura del agua aplicada.

A propósito del funcionamiento de este sistema, Rebour y Deloye (1971) previeron que con el paso del tiempo estos sistemas se proponen cada vez más potentes, tendiendo a simplificar su mantenimiento. Para conseguir un buen riego por aspersión son necesarios:

- Presión en el agua.
- Una estudiada red de tuberías adecuadas a la presión del agua.
- Aspersores adecuados que sean capaces de esparcir el agua a presión que les llega por la red de distribución.
- Depósito de agua que conecte con la red de tuberías.

En cuanto a la información básica para el diseño de riego por aspersión, Gurovich 1985 indica que se deben considerar una serie de pasos esenciales para la ejecución de dichos proyectos. El primer paso es realizar un inventario de los recursos, entre los que se debe considerar factores como tamaño y forma del área a regar, su topografía, suelos, condiciones de clima, ubicación del agua, entre otros. El segundo paso es la determinación del sistema de producción que se va a emplear en el área a regar, entre los cuales predominan las operaciones culturales, tipo de operación de cosecha y uso de mano de obra. Y finalmente como tercer paso, se debe satisfacer las necesidades del campo a regar, incluyendo los aspectos de costos de inversión y costos de operación de los sistemas, tomándose en cuenta elementos tales como la cantidad de agua a aplicar en cada riego, la frecuencia de riego para la época de mayor demanda evapotranspirada, la capacidad del sistema, el rango de descargas, entre otros.

En cuanto a las ventajas y desventajas del riego por aspersión, Hernández (1992) indica que son muchas las ventajas y desventajas asignadas al método de riego por aspersión, permitiéndose destacar las más importantes:

Ventajas del riego por aspersión:

- Alta eficiencia de aplicación y buena uniformidad de penetración en el suelo.
- Se minimizan los riesgos por erosión.
- Se puede utilizar en suelos poco profundos.
- Se puede aplicar abonos líquidos simultáneamente a la aplicación del riego.
- Se necesita poca mano de obra para su operación.

Desventajas del riego por aspersión:

- Elevado costo inicial.
- Distorsión en el patrón de aplicación por efectos del viento.
- Evaporación de partículas de agua en el aire antes de llegar al suelo.
- Creación de condiciones de alta humedad en los cultivos, trayendo como consecuencia el desarrollo de enfermedades.

En cuanto a los sistemas de riego por aspersión, Castañón (2000) indica que se pueden dividir en cuatro grandes categorías:

- Sistemas móviles.
- Sistemas semimóviles.
- Sistemas fijos.
- Sistemas autopropulsados y especiales.

2.5.3.1. Componentes del riego por aspersión

Un sistema de riego por aspersión está integrado por muchos componentes. Si se analiza desde el punto de salida del agua pulverizada hasta la fuente de presión, se

encuentra los aspersores o pulverizadores, los reguladores de flujo y de presión, el tubo elevador, las uniones, las cañerías y las conexiones derivadoras; el conjunto de estos elementos constituyen la parte del sistema que se llama lateral, conectada con una válvula a la tubería principal, que a su vez termina conectada a la fuente de agua a presión. Como el agua debe salir del sistema en forma de lluvia, se hace pasar por aspersores, orificios o perforaciones a alta velocidad, para lo cual se utilizan unidades aspersoras rotatorias, unidades rotatorias fijas u orificios o perforaciones directas en las cañerías.

2.5.3.2. Manejo de una instalación de riego por aspersión

Castañón (2000) considera que un buen manejo debe incluir labores de conservación y protección de la instalación. Como norma general se puede decir que conviene vaciar la red en épocas sin riego, por un doble motivo. En primer lugar, para evitar la congelación del agua en zonas de fuertes heladas, que pueda provocar roturas. En segundo lugar, para evitar la sedimentación o incrustación de sustancias transportadas o disueltas, cuando el agua no circula.

Además, este mismo autor propone que cuando existan abundantes sustancias en suspensión, se lleve a cabo la limpieza de las tuberías. Por esta razón es conveniente recoger el material móvil durante el invierno, evitando su desgaste cuando no se utiliza. El almacenamiento debe hacerse de una manera ordenada, principalmente en caso de tuberías móviles, para evitar su deterioro o rotura.

2.5.3.3. Información básica requerida para el diseño de riego por aspersión

Según Hernández (1992) para lograr un sistema de riego por aspersión eficiente y económico se deben considerar durante el diseño del mismo, una serie de factores entre los cuales tienen importancia los siguientes:

- Topografía: mediante un adecuado levantamiento planialtimétrico se debe detallar características importantes tales como magnitud y dirección de pendientes, carreteras, obstáculos, entre otros.
- Cultivos: se deben conocer los valores de evapotranspiración de los cultivos de manera de establecer los requerimientos de agua máximos.
- Suelos: se deben conocer las características que permitan un adecuado almacenamiento de agua en la zona radicular, considerando los valores de humedad máximos y críticos en pro de la productividad.
- Agua: es necesario conocer la localización, cantidad y calidad del agua, lo cual determinará factores como la longitud y distribución de la tubería principal en el campo y la relación de desgaste prematuro de los equipos por corrosión y/o abrasión.
- Clima: se debe tomar en cuenta principalmente los valores de temperatura y humedad relativa del clima, ya que de ellos depende la evapotranspiración del cultivo, así como la magnitud y dirección del viento para asegurar una adecuada uniformidad de aplicación.
- Fuente de energía: es necesario definir las fuentes de energía disponibles, combustible y/o electricidad, de manera de seleccionar la unidad de bombeo más adecuada.
- Disponibilidad y costo de la mano de obra: este aspecto incidirá en la cantidad de mano de obra que deberá requerir el equipo a diseñar para lograr un funcionamiento adecuado.
- Disponibilidad de equipos y accesorios en el mercado: para quién diseña sistemas de riego por aspersión es imprescindible conocer los equipos y accesorios que se encuentran en el mercado local.

2.6. ABASTECIMIENTO DE AGUA

Según Arocha (1970) un sistema de abastecimiento de agua está constituido por una serie de estructuras, presentando características diferentes, que serán

afectadas por coeficientes de diseño distintos en razón de la función que cumplen dentro del sistema. Por tanto, para su diseño es preciso conocer el comportamiento de los materiales bajo el punto de vista de su resistencia física a los esfuerzos y los daños a que estarán expuestos, así como desde el punto de vista funcional su aprovechamiento y eficiencia, para ajustarlos a criterios económicos.

Para sistemas de abastecimiento doble propósito (doméstico y agrícola), es conveniente establecer y analizar aquellas características que conformarán los criterios de diseño:

- Cifras de consumo de agua.
- Periodos de diseño y vida útil de la estructura.
- Variaciones periódicas de los consumos e influencias sobre las diferentes partes del sistema.
- Clases de tuberías y materiales a utilizar.

bdigital.ula.ve

2.6.1. Cifras de consumo de agua

El conocimiento cabal de esta información es de gran importancia en el diseño para el logro de estructuras funcionales, dentro de lapsos económicamente aconsejables. Normas venezolanas, basadas en algunas investigaciones propias y apoyadas en las de otros países, asignan cifras para las dotaciones de agua tomando en cuenta el uso de la tierra, la zonificación, y en otros casos las características de la población, expresándolas en l/día/parc ó l/pers/día. Estas cifras conducen a la determinación de un gasto o consumo medio, lo cual ha de constituir, junto a la disponibilidad de la fuente, la base de todo diseño.

Cuando se dispone de planos urbanísticos que presentan áreas zonificadas de acuerdo al uso, es fácil obtener y predecir los consumos con bastante aproximación; pero para los proyectos de abastecimiento de agua en zonas donde tal regulación no existe, se hace necesario estimar los consumos per cápita, en cuyo caso deben

valorarse todos los valores que tiendan a modificar estas cifras, pudiéndose mencionar a continuación los principales de estos factores:

- Tipo de comunidad: una zona a desarrollar está constituida por sectores residenciales, agrícolas, industriales, comerciales, entre otros, cuya composición porcentual es variable para cada caso.
- Factores socio-económicos: las características económico-sociales de una población pueden evidenciarse a través del tipo de vivienda.
- Factores meteorológicos: generalmente los consumos de agua de una región varían a lo largo del año de acuerdo a la temperatura ambiental y a la distribución de las lluvias.
- Tamaño de la comunidad: algunas investigaciones realizadas en países desarrollados han puesto de manifiesto que los consumos per cápita aumentan con el tamaño de la comunidad.

2.6.2. Periodo de diseño y vida útil de la estructura

En la fijación del tiempo para el cual se considera funcional el sistema, intervienen una serie de variables que deben ser evaluadas para lograr un proyecto económicamente aconsejable. Por tanto, el periodo de diseño puede definirse como el tiempo para el cual el sistema es eficiente 100 por 100, ya sea por capacidad en la conducción del gasto deseado, o por la resistencia física de las instalaciones. Factores de importancia en esta determinación son:

Durabilidad o vida útil de las instalaciones: dependerá de la resistencia física del material a factores adversos por desgaste u obsolescencia. Todo material se deteriora con el uso y con el tiempo, pero su resistencia a los esfuerzos y daños a los cuales estará sometido es variable, dependiendo de las características del material empleado.

Facilidades de construcción y posibilidades de ampliaciones o sustituciones: la fijación de un periodo de diseño está íntimamente ligado a factores económicos. Por ello al analizar cualquiera de los componentes de un sistema de abastecimiento hídrico, la asignación de un periodo de diseño ajustado a criterios económicos estará regido por la dificultad o facilidad de su construcción que inducirán a mayores o menores periodos de inversiones nuevas, para atender las demandas que el crecimiento poblacional obliga.

Tendencias de crecimiento de la población: un sistema de abastecimiento hídrico debe ser capaz de propiciar y estimular ese desarrollo, dentro de un esquema sostenible y sustentable que preserve la fuente para un uso racional de la población.

2.6.3. Variaciones periódicas de los consumos e influencias sobre las diferentes partes del sistema

En general, la finalidad de un sistema de abastecimiento hídrico es la de suministrar agua a una comunidad en forma continua y con presión suficiente, a fin de satisfacer razones sanitarias, sociales, económicas y de confort, propiciando así su desarrollo. Para lograr tales objetivos es necesario que cada una de las partes que constituye el sistema este satisfactoriamente diseñada y funcionalmente adaptada al conjunto. Esto implica el conocimiento cabal del funcionamiento del sistema de acuerdo a las variaciones en el consumo de agua que ocurrirán para diferentes momentos durante el periodo de diseño previsto. Es bien sabido, que en épocas de lluvia, las comunidades demandan menores cantidades de agua del sistema de abastecimiento que en épocas de sequía. Asimismo, durante una semana cualquiera se observa que en forma cíclica, ocurren días de máximo consumo (generalmente lunes) y días de mínimo consumo (generalmente domingo). Más aún, si se toma un día cualquiera, también resultará cierto que los consumos de agua presentarán variaciones hora a hora, mostrándose horas de máximo y horas de mínimo consumo.

2.7. OBRAS DE CAPTACIÓN

Para Arocha (1970) la obra de captación consiste en una estructura colocada directamente en la fuente a fin de captar el gasto deseado y conducirlo a la línea de aducción. Será dependiente del tipo de fuente y de las características particulares, su diseño será ajustado a las características de la fuente. En este sentido, se presentan dos tipos de fuentes de abastecimiento en el diseño de obras de captación:

- Fuentes superficiales sin regulación.
- Fuentes superficiales con la regulación de sus caudales.

2.7.1. Estructuras de captación de fuentes superficiales sin regulación

El diseño de una obra de captación de una fuente sin regulación, la cual se pretende estudiar la necesidad de su diseño para este proyecto, supone un caudal del río superior al gasto máximo diario para cualquier época. Bajo el punto de vista hidráulico, el problema se reduce a determinar una altura de aguas sobre el área de captación, tal que el gasto mínimo aforado asegure la captación del gasto deseado (Q_{\max} diario).

Bajo el punto de vista estructural, el diseño deberá proveer seguridad a la acción destructiva del río: deslizamiento, volcamiento, erosión, sedimentación, entre otros. Cuando se trate de ríos de poco caudal o quebradas, puede diseñarse una estructura de captación interceptando el flujo del río y asegurando la captación del gasto requerido.

Un dispositivo que intercepte al curso del río estará expuesto a una serie de factores negativos, por lo cual deberá ser tal que presente las mejores condiciones de funcionamiento, entre otras:

- El nivel de entrada de las aguas debe quedar a la máxima altura posible para evitar ser alcanzada por los sedimentos.
- El área de captación debe protegerse contra el paso de material grueso.

- La velocidad de la corriente en las cercanías de la estructura debe ser tal que no provoque excesiva sedimentación.
- Debe ofrecer seguridad de volcamiento y deslizamiento, mediante anclajes firmes y seguros.

Una de las estructuras que mejor satisface estas condiciones consiste en un dique-toma, con área de captación ubicado sobre la cresta del vertedero central. En la práctica, se diseña un vertedero central para permitir el gasto medio de la fuente superficial y un vertedero de crecida para permitir el paso del gasto máximo aforado y evitar socavaciones en las laderas y fundaciones del dique.

2.7.2. Estructura de captación de fuentes superficiales reguladas

La regularización de un río para compensar sus variaciones de caudal durante épocas de crecida con las de estiaje, supone el diseño y construcción de un dique o represa, pero su utilización amerita una obra de captación adecuada para los diferentes niveles. En el caso de abastecimientos para ciudades que demandan altos gastos de consumo de agua, una estructura de captación adecuada para una represa puede ser una torre toma, la cual debe poseer varias compuertas a diferentes niveles para permitir la captación del gasto deseado.

2.8. TIPOS DE OBRAS DE CAPTACIÓN

Captación por vertederos laterales: Un vertedero lateral consiste en una escotadura practicada sobre la cresta de un canal prismático que está orientada en sentido paralelo a la corriente y por encima de la cual fluye el agua cuando se ubica de una manera tal que se permite un gradiente hidráulico en sentido normal a la cresta del vertedero.

Experimentalmente se ha encontrado que la capacidad de descarga de un vertedero normal a la dirección de la corriente es mucho mayor que la capacidad de descarga de un vertedero lateral.

Tomas laterales: Estas estructuras hidráulicas son muy frecuentes en los distritos de riego. Se proyectan por lo general para derivar agua de canales principales. La línea de derivación puede hacerse con tubería que atraviese el fondo de la berma del canal. Cuando así ocurre se diseña como un conducto a presión en donde se presentan pérdidas locales y pérdidas por fricción.

Captación con lecho filtrante: Se define como bocatoma de lecho filtrante la estructura de captación de agua para acueductos de bajo caudal, que tiene la capacidad de prefiltrar el influente antes de conducirlo a la línea de aducción del sistema. Esto se logra mediante la utilización de un lecho granular, el cual filtra el agua y la conduce a un sistema de recolección por tuberías perforadas en el fondo del cauce. Estas tuberías perforadas se encuentran generalmente en disposición de espina de pescado o en forma reticular y a junta perdida en ambos casos.

Este tipo de bocatoma tiene la capacidad de aprovechar la corriente de la fuente para auto lavarse superficialmente y de esta manera aumentar la carrera o tiempo de colmatación del filtro. Además, con el arrastre de material del tamaño apropiado para filtración (arena), la propia fuente se encarga de renovar el lecho filtrante, recargándolo constantemente.

Captación sumergida tipo dique toma: Cuando las corrientes de agua de escasos caudal y la secciones transversales del río en el sitio donde se proyecta la bocatoma son de poco ancho (0 a 10 m), es conveniente proyectar un dique con el objeto de garantizar el caudal que se debe captar, En el diseño de un dique - toma se tienen en cuenta los siguientes aspectos:

En el área de captación dada, en la zona de rejilla, no se debe permitir el paso de material grueso; esto se logra dimensionando adecuadamente los espacios entre las barras de la rejilla de captación.

El dique se debe proyectar en forma tal que la rata de sedimentación en la zona del embalse no sea excesivamente alta, lo cual se logra obligando a que el agua fluya con moderada velocidad a través de la obra de captación.

Las riberas del río o quebrada, en la zona donde se proyecta el dique, deben tener una buena estabilidad geológica y preferiblemente el suelo debe ser roca a fin de aminorar costos en los anclajes.

2.9. LÍNEAS DE ADUCCIÓN

Está definida como la tubería que conduce el agua desde la obra de captación hasta el estanque de almacenamiento, debe satisfacer condiciones de servicio para el día de máximo consumo, garantizando de esta manera la eficiencia del sistema. Ello puede verse afectado además por situaciones topográficas que permitan una conducción por gravedad o que, por el contrario, precisen de sistemas de bombeo. En cada caso el sistema se hará de acuerdo a criterios para estas diferentes condiciones, afectados o no por el tiempo de bombeo.

2.9.1. Criterios para el diseño de líneas de aducción

Partiendo de la base de que todo diseño debe estar sustentado sobre criterios técnicos y económicos, una línea de aducción por gravedad debe aprovechar al máximo la energía disponible para conducir el gasto deseado, lo cual en la mayoría de los casos conducirá a la selección del diámetro mínimo, que satisfaciendo razones técnicas, permita precisiones iguales o menores que las que la resistencia física del material soportaría.

Para el diseño de una línea de aducción por gravedad, deben tenerse en cuenta, por tanto los siguientes criterios:

- Carga disponible o diferencia de elevación.
- Capacidad para transportar el gasto máximo diario.
- La clase tubería capaz de soportar las presiones hidrostáticas.
- La clase de tubería en función del material, que la naturaleza del terreno exige; necesidad de excavaciones para colocar tubería enterrada o por el contrario, dificultades o excavaciones antieconómicas que imponen el uso de tubería sobre soportes.
- Diámetros.
- Estructuras complementarias que se precisen para el buen funcionamiento, tales como desarenadores, tanquillas rompecarga, entre otras.

En los proyectos de abastecimiento hídrico intervienen las tuberías como elementos principales del sistema. Por ello, la selección del material a emplear debe hacerse atendiendo a diversos factores que permitirán lograr el mejor diseño. De acuerdo al material empleado en su fabricación, las tuberías frecuentemente utilizadas para la construcción de sistemas de abastecimiento hídrico son:

- Tuberías de Hierro Fundido (H.F.)
- Tuberías de Hierro Fundido Dúctil (H.F.D.)
- Tuberías de Acero Galvanizado (H.G.)
- Tuberías de Asbesto-Cemento a Presión (A.C.P.)
- Tuberías de Policloruro de Vinilo (P.V.C.)
- Tuberías de Polietileno de Alta Densidad (P.E.A.D)
- Tuberías de Polietileno de Baja Densidad (P.E.B.D)

2.10. ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO

Para Arocha (1970) los estanques de almacenamiento juegan un papel básico para el diseño del sistema de distribución de agua, tanto desde el punto de vista económico, así como su importancia en el funcionamiento hidráulico del sistema y en el mantenimiento de un servicio eficiente.

Para este autor, un estanque de almacenamiento cumple tres propósitos fundamentales:

- Compensar las variaciones de los consumos que se producen durante el día.
- Mantener las presiones de servicio en la red de distribución.
- Mantener almacenada cierta cantidad de agua para atender situaciones de emergencia tales como incendios o interrupciones por daños de tuberías de aducción de estaciones de bombeo.

2.10.1. Capacidad del estanque.

La capacidad del estanque es función de varios factores a considerar:

- Compensación de las variaciones horarias.
- Emergencias para incendios.
- Provisión de reservas para cubrir daños e interrupciones en la aducción o en las bombas.
- Funcionamiento como parte del sistema.

2.10.2. Ubicación del estanque

La ubicación del estanque está determinada principalmente por la necesidad y conveniencia de mantener presiones en la red dentro de límites de servicio. Estas presiones en la red están limitadas por normas, dentro de rangos que puedan

garantizar para las condiciones más desfavorables una dinámica mínima y una máxima, no superior a un determinado valor que haría impráctica su utilización en las instalaciones para el abastecimiento. Razones económicas y prácticas han inducido a establecer rangos de presiones diferentes de acuerdo a las características y necesidades de las localidades.

2.10.3. Tipos de estanques

Los estanques de almacenamiento pueden ser construidos directamente sobre la superficie del suelo o sobre torre cuando por razones de servicio se requiera elevarlos. Entre los principales tipos de estanques usados en zonas de piso alto, se encuentran:

Estanques de concreto: por razones de corrosividad, sobre todo en zonas cercanas a la costa, puede resultar aconsejable la utilización de estructuras de concreto, cuya resistencia y comportamiento ante tales agresividades, les hace a largo plazo más económico por requerirse un mantenimiento menos dispendioso.

Estanques metálicos: en estas estructuras, la ductilidad del material permite el aprovechamiento de la forma circular, con lo que se logra la mejor absorción de esfuerzos por el material. Conocida la capacidad y dimensionado del estanque, diámetro y altura, se procede a la determinación de espesores del cuerpo cilíndrico, fondo circular y tapa.

2.11. OBRAS COMPLEMENTARIAS

Tanquillas rompecargas: son estructuras destinadas a reducir la presión relativa, a cero (presión atmosférica), mediante la transformación de la energía disponible en altura de velocidad. El diseño se basa en la transformación de carga estática en energía de velocidad y lograr su disipación por efecto del roce contra las

paredes y tabiques así como la amortiguación por un colchón de agua. Están divididas en dos cámaras: la de turbulencia o disipación y la de salida.

Desarenadores: 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 la 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.

CAPÍTULO III

DIAGNOSTICO FÍSICO NATURAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

3.1. LOCALIZACIÓN

3.1.1. Política

El área bajo estudio se encuentra ubicada en la región de Los Andes, específicamente en la parroquia Mosquey, municipio Boconó del estado Trujillo. (Ver figura 3.1.).

3.1.2. Geográfica

La ubicación geográfica, este delimitada por las coordenadas 70°09'37" – 70°11'16" de Longitud Oeste y 09°17'27" – 09°18'44" de Latitud Norte, entre los 1685 y 2000 m.s.n.m.

3.1.3. Práctica

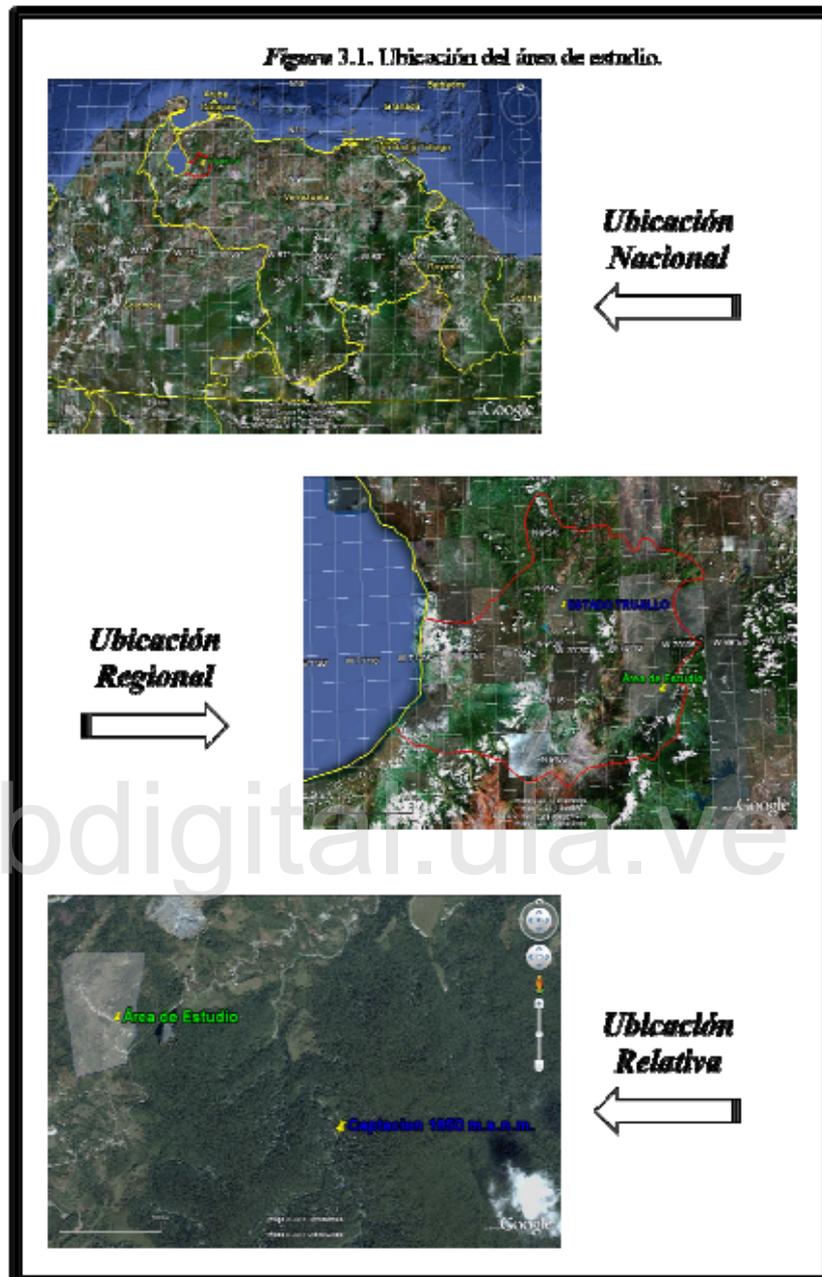
El área estudiada se encuentra ubicada en el tramo vial que conduce al estado Portuguesa, exactamente a 16,8 km de la plaza Bolívar de Boconó, en una de las zonas agroturísticas más importantes de este Municipio, encontrándose en un punto fundamental de intercambio comercial de otras localidades como Batatal y Biscucuy.

3.1.4. Hidrográfica

La zona estudiada está delimitada hidrográficamente de la siguiente manera:

- Microcuenca; Quebrada Zanjón de los Cedros
- Subcuenca: Alto Río Boconó.
- Cuenca: Río Boconó.
- Hoya Hidrográfica: Río Orinoco.

Figura 3.1. Ubicación del área de estudio.



3.2. RELIEVE

Predominantemente accidentado con valores de pendiente que oscila entre 36% y 65%. La pendiente promedio es de aproximadamente 40%.

3.3. GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

3.3.2. Geología

Litología:

Asociación de gneis granítico y esquistos micáceos característicos de la formación Sierra Nevada, encontrándose alteraciones, tales como rocas muy fracturadas y diaclasadas; los esquistos se encuentran muy alterados.

Características estructurales:

- Permeabilidad: muy baja.
- Estructura: masiva, formación muy plegada formando parte del anticlinorium de Chacantá en Mérida.
- Edad: Precámbrico-Paleozoico.
- Sismicidad: Altos riesgos sísmicos.

3.3.2. Geomorfología

Medios de ablación de montañas altas abruptas bajo la forma de cadena de anticlinales en posición de un horts, caracterizada por las laderas muy pronunciadas y con alto grado de disección y crestas agudas. Medios morfodinámicamente inactivos con un escurrimiento difuso sin acción importante.

3.4. SUELOS Y USO POTENCIAL

3.4.1. Suelos

De acuerdo a la clasificación realizada por el M.A.R.N. (1983) esta zona posee suelos con moderado desarrollo pedogenético de mediana a baja fertilidad

natural y de texturas francoarenosas, teniendo éste una capacidad de uso agroecológico clase *VIII*, la cual abarca aquellos suelos con problemas de topografía y erosividad, los cuales pueden ser operados agronómicamente mediante prácticas de manejo de tierras poco comunes o estableciendo cultivos que se adapten o demandan condiciones diferentes a los cultivos más comunes.

3.4.2. Uso potencial

Según M.A.R.N. (1983) en esta zona es predominante el uso forestal con fines protectores manteniendo los bosques naturales o utilizando el sistema de plantaciones forestales, permitiéndose implementar en áreas con ventajas topográficas, prácticas de conservación de suelos para el desarrollo de horticultura de piso alto, plantaciones de café y un uso pecuario de ganadería de altura.

3.5. PRINCIPALES POTENCIALIDADES Y RESTRICCIONES DE LA ZONA

3.5.1. Potencialidades

Según M.A.R.N. (1983) esta zona se caracteriza por encontrarse en general bien preservada. Sus vertientes se encuentran protegidas por una cobertura boscosa de gran desarrollo vegetal, sin la presencia de procesos erosivos significativos. Las condiciones climáticas tienden a ser bastante favorables caracterizándose por la alta concentración de humedad. Existen las pequeñas zonas que permiten la implantación de plantaciones de café y el desarrollo de horticultura de piso alto. Las bellezas escénicas de estos paisajes le dan un uso turístico-recreacional muy importante.

3.5.2. Restricciones

Esta región al encontrarse conformada por sistemas de relieve de gran desarrollo vertical, caracterizados por sus altos valores de pendientes, se presenta con muy fuertes restricciones topográficas que limitan sus usos. De igual forma, su

carácter estructural inestable y las condiciones de alta humedad determinan un alto potencial erosivo. En todos los casos el clima, la topografía, lo superficial de los suelos, la baja fertilidad natural de los mismos y las características litológicas, les infringen severas restricciones para implementar obras de infraestructura y ser utilizadas con fines agrícolas. Esta región forma parte de las zonas protectoras Decretadas y de Parques Nacionales.

3.6. CLIMA

3.6.1. Precipitación

Existen zonas donde la precipitación es básicamente el elemento climático de mayor importancia, por lo general el crecimiento de los cultivos no se ve limitado de manera importante por la radiación solar disponible o por la temperatura del aire. Habitualmente cualquier especie vegetal puede desarrollarse sin ningún problema en cualquier época del año, solo si se dispone de humedad suficiente para satisfacer sus necesidades hídricas. Las lluvias representan la fuente esencial y principal de esta humedad, y su estudio es la clave para la comprensión de la agricultura en todas las condiciones.

Con respecto a la información requerida de esta variable climática, se tomaron los datos de la estación meteorológica del Aeropuerto de Boconó, actualmente en funcionamiento, y de las estaciones de la Hacienda San Giusto de la parroquia Mosquey, la cual está fuera de operatividad.

En la Tabla 3.1 se presentan los datos promedios mensuales de precipitación registrados en la estación Hacienda San Giusto y en la Tabla 3.2 los correspondientes a la estación del Aeropuerto de Boconó. En las Figuras 3.2 y 3.3 se presenta en forma gráfica la variación de la precipitación mensual en ambas estaciones, destacándose el régimen de precipitación unimodal. La precipitación total anual registrada en la

estación Hacienda San Giusto es de 1848 mm y en el Aeropuerto de Boconó es de 1596 mm.

Tabla 3.1. Registro de precipitación promedio mensual en mm. Estación Hacienda San Giusto. Sector “La Hoyada” de la parroquia Mosquey. Periodo: 1980 – 1990

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P.Pro	35.3	51.7	84.6	208.3	211.0	308.9	252.5	191.1	169.1	151.3	114.1	70.4	1848.2

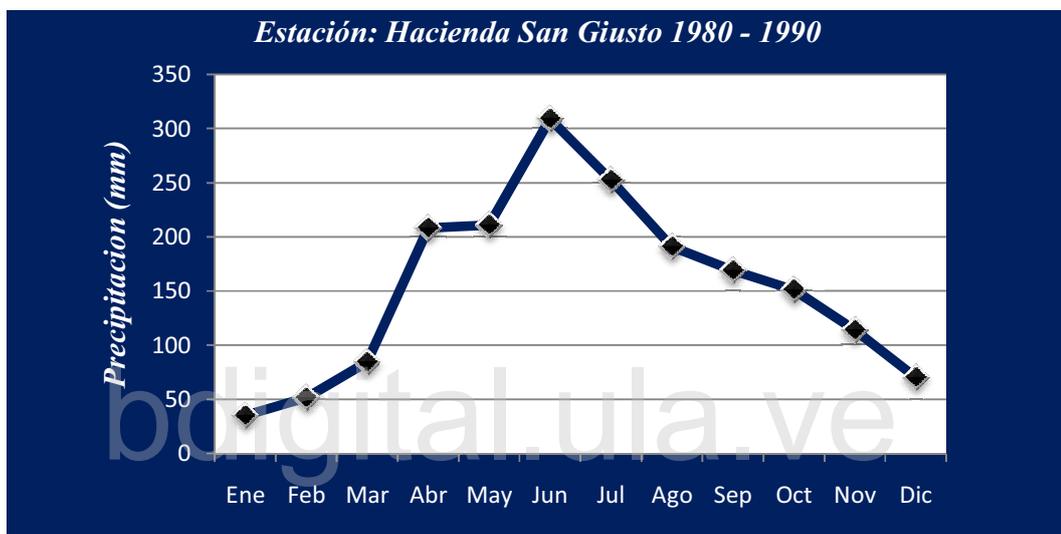


Figura 3.2. Precipitación promedio. Estación Hacienda San Giusto

Tabla 3.2. Registro de precipitación promedio mensual en mm. Estación Aeropuerto de Boconó. Sector “Los Pantanos” de la parroquia El Carmen. Periodo: 1991 – 2007

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
P.Pro	27.8	48.9	92.8	172.1	207.5	262.9	213.2	170.4	146.9	109.9	75.6	67.7	1595.7

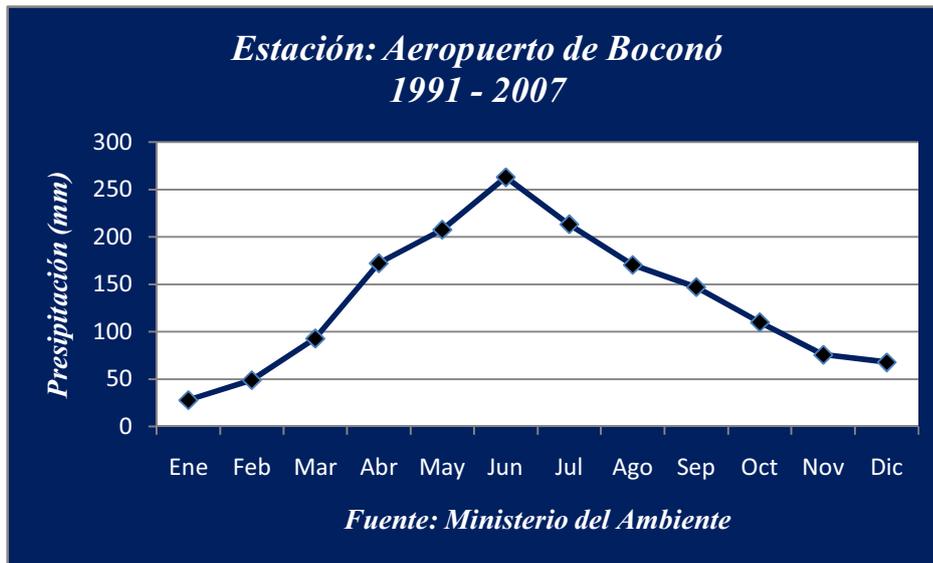


Figura 3.3. Precipitación promedio. Estación Aeropuerto de Boconó

3.6.2. Temperatura

Se llama temperatura atmosférica a uno de los elementos constitutivos del clima que se refiere al grado de calor específico del aire en un lugar y momento determinado, así como la evolución temporal y espacial de dicho elemento en las distintas zonas climáticas. Constituye el elemento meteorológico más importante en la delimitación de la mayor parte de los tipos climáticos. Por ejemplo, al referirse a los climas macrotérmicos, mesotérmicos y microtérmicos, se está haciendo de la temperatura atmosférica uno de los criterios principales para caracterizar el clima.

Los datos correspondientes a la variante térmica de los agentes climáticos de la zona estudiada fueron tomados de las mismas estaciones donde se obtuvieron los datos de precipitación. En las Tablas 3.3 y 3.4 se presentan los datos de temperatura media mensual registrados en las estaciones Hacienda San Giusto y Aeropuerto de Boconó. En las Figuras 3.4 y 3.5 se observan en forma gráfica la variación de la temperatura mensual, mostrando estrecha similitud en el comportamiento registrado por ambas estaciones con mínimos cercanos a los 17°C y máximos cercanos a los 19°C.

Tabla 3.3. Registro de temperatura media en °C. Estación Hacienda San Giusto.
Sector “La Hoyada” de la parroquia Mosquey. Periodo: 1980-1990

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T°C	16.7	17.7	18.4	18.6	18.5	18.1	17.7	18.0	18.1	18.4	18.2	17.2	18.0

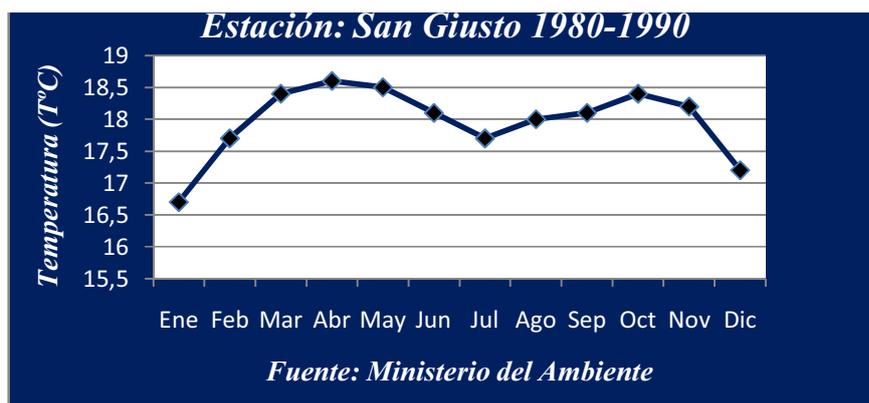


Figura 3.4. Temperatura media. Estación Hacienda San Giusto

Tabla 3.4. Registro de temperatura media en °C. Estación Aeropuerto de Boconó.
Sector “Los Pantanos” de la parroquia El Carmen. Periodo: 1991 – 1996

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
T°C	17.6	18.6	19.1	19.0	18.7	18.3	17.3	17.8	18.2	18.2	17.7	17.3	18.2

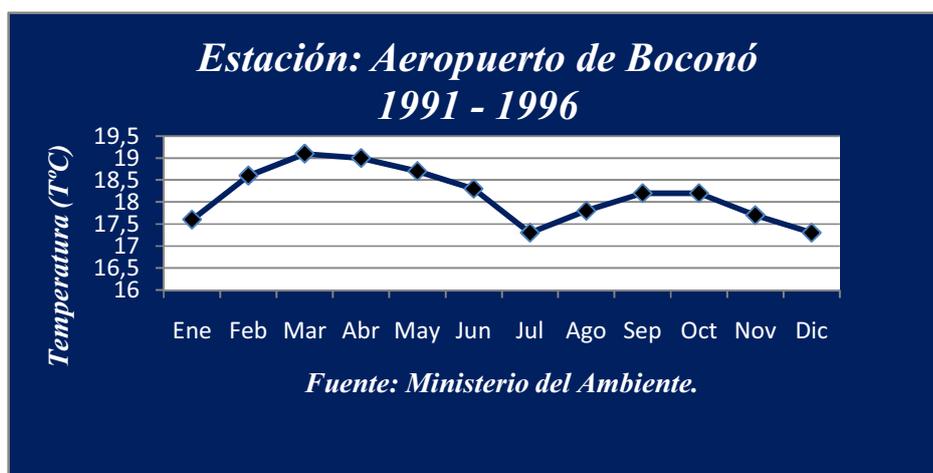


Figura 3.5. Temperatura media. Estación Aeropuerto de Boconó

3.6.3. Humedad relativa

El periodo de humedad relativa registrado por las estaciones Hacienda San Giusto y Aeropuerto de Boconó (Tablas 3.5. y 3.6.), en los periodos 1980 – 1990, y 1991 – 1996, respectivamente, se muestran a continuación. La humedad relativa media anual es de 81 % en la estación Hacienda San Giusto y 75 % en la estación del Aeropuerto de Boconó. En las figuras 3.6 y 3.7 se presentan las figuras que presentan el comportamiento de este parámetro climático.

Tabla 3.5. Registro de humedad relativa promedio mensual en %. Estación Hacienda San Giusto. Sector “La Hoyada” de la parroquia Mosquey. Periodo: 1980-1990

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
%	78	77	77	81	83	83	83	84	83	83	81	80	81

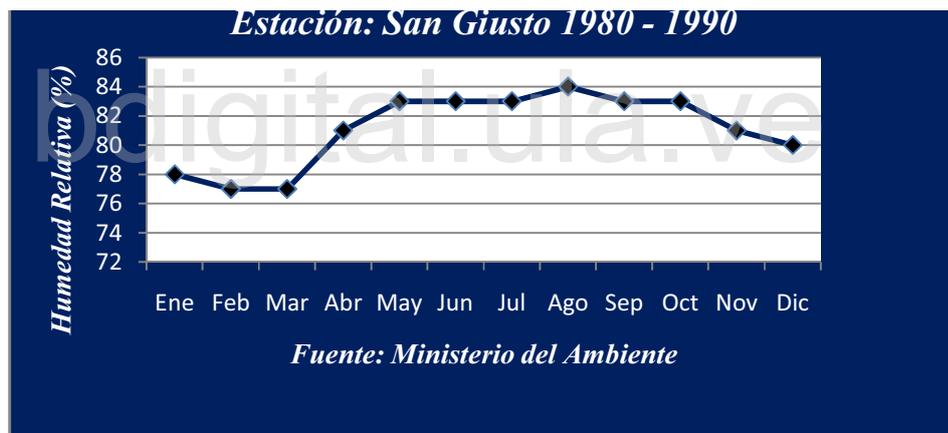


Figura 3.6. Humedad relativa media. Estación Hacienda San Giusto

Tabla 3.6. Registro de humedad relativa promedio mensual en %. Estación Aeropuerto de Boconó. Sector “Los Pantanos” de la parroquia El Carmen. Periodo: 1991 – 1996

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
%	70	69	70	75	78	80	79	78	77	76	74	72	75

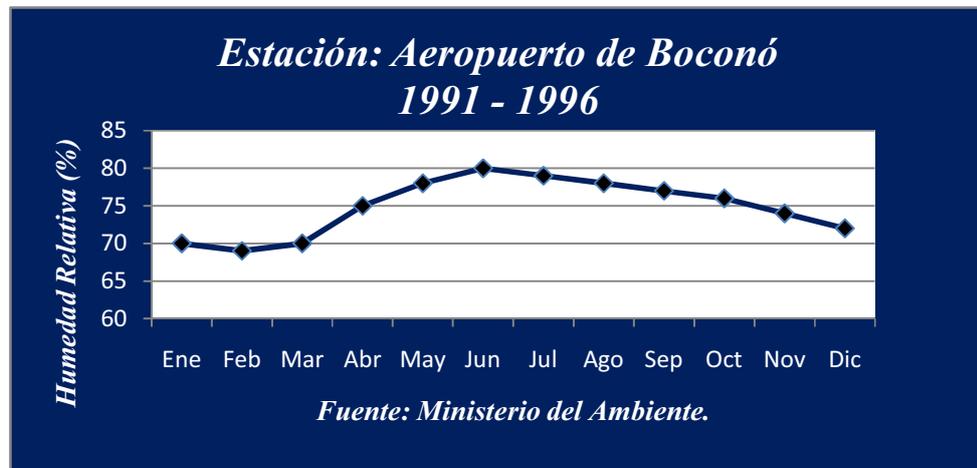


Figura 3.7. Humedad relativa media. Estación Aeropuerto de Boconó

En los datos graficados en las Figuras 3.6. y 3.7. se evidencia una gran similitud tanto en comportamiento como en magnitud de los valores registrados para esta parámetro climático.

3.6.4. Evaporación

Este parámetro es de gran importancia, ya que junto a los valores de precipitación, permite determinar el balance hídrico de la zona estudiada; las valoraciones de este registro se presentan a continuación en las Tablas 3.7. y 3.8 y las Figuras 3.8 y 3.9, respectivamente. La evaporación total anual registrada en la estación Hacienda San Giusto es de 1159 mm y en el Aeropuerto de Boconó es de 1270 mm.

Tabla 3.7. Registro de evaporación media en mm. Estación Hacienda San Giusto. Sector “La Hoyada” de la parroquia Mosquey. Periodo: 1980-1990

<i>Mes</i>	<i>Ene</i>	<i>Feb</i>	<i>Mar</i>	<i>Abr</i>	<i>May</i>	<i>Jun</i>	<i>Jul</i>	<i>Ago</i>	<i>Sep</i>	<i>Oct</i>	<i>Nov</i>	<i>Dic</i>	<i>Anual</i>
<i>mm</i>	111.4	115.1	135.3	104.8	87.9	79.3	85.5	78.6	87.5	86.5	86.8	99.8	1158.5

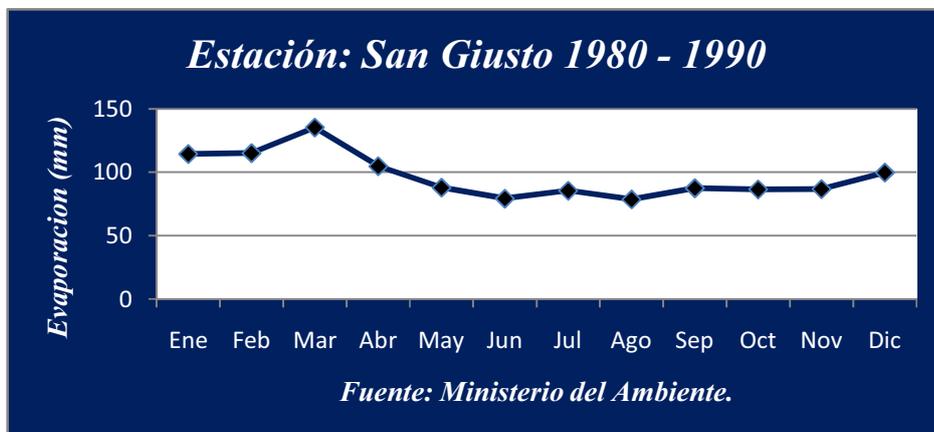


Figura 3.8. Evaporación media mensual. Estación Hacienda San Giusto

Tabla 3.8. Registro de evaporación media en mm. Estación Aeropuerto de Boconó. Sector “Los Pantanos” de la parroquia El Carmen. Periodo: 1991 – 1996

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Anual
mm	135.4	136.9	136.8	93.1	88.6	83.8	89.9	96.5	105.6	101.4	96.4	105.9	1270.2

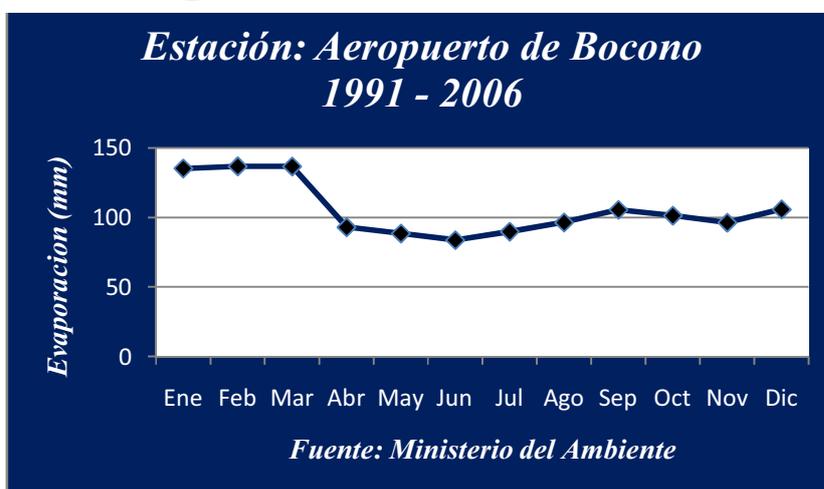


Figura 3.9. Evaporación media mensual. Estación Aeropuerto de Boconó

CAPÍTULO IV

ESTIMACIÓN DE LA OFERTA Y DEMANDA DE AGUA DE LOS CULTIVOS

4.1. OFERTA DEL RECURSO HÍDRICO

4.1.1. Recurso hídrico disponible

La quebrada “Zanjón de Los Cedros” ubicada a una cota superior de la que posee la zona beneficiaria, es la única fuente de abastecimiento hídrico de la comunidad de “Las Palmitas”.

Para la determinación de los valores de recurso hídrico disponible en la fuente, se recolectó la información obtenida por el Centro de Ecología de Boconó, que se llevo a cabo por una comisión integrada por los Sres. Ana María Dupuy y Lucas Pacheco, por parte de la comunidad de “Las Palmitas”, y por los Sres. Yovani García y Rafael Castro del Ministerio del Ambiente y del Centro de Ecología de Boconó.

Este registro se llevo a cabo mediante un aforo realizado entre las cotas 1990 y 2000 m.s.n.m., tomándose en consideración que aguas arriba de la captación no existen obras de derivación del recurso hídrico. Dicho aforo fue realizado el día 30 de abril de 2007. El método utilizado fue el método volumétrico que se adaptaba a la fuente a medir, en el cual dicho caudal se conduce por medio de un canal o cañería que descarga en un recipiente adecuado y el tiempo que demora su llenado se mide por medio de un cronómetro. Los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 4.1 y en el Apéndice E:

Tabla 4.1. Resultados del aforo de la quebrada “Zanjón de Los Cedros”

Nº	Punto de aforo	Caudal (l/s)	Altitud (m.s.n.m.)	Norte	Este
1	Qda. “Los Cedros” (Antes de la toma)	6,79	2.000	1026883	371433
2	Qda. “Los Cedros” (Después de la toma)	3,65	1.990		
3	Caudal Derivado	3,14	1.990		

Fuente: Centro de Ecología Boconó (2007)

4.1.2. Calidad del agua

La calidad de agua se refiere a las características físicas, químicas y biológicas de los cuerpos de agua superficiales y subterráneos. Estas características afectan la capacidad del agua para sustentar tanto a las comunidades humanas como la vida vegetal y animal. Varios problemas de calidad del agua, incluidas la sedimentación, la eutrofización y la contaminación por bacterias y sustancias tóxicas, han persistido durante décadas.

Cuando se habla de calidad de agua de riego se da por supuesto que se trata de calidad en relación con la salinidad, en el sentido amplio del término. Según Pizarro (1990) la calidad del agua se define en función de tres criterios: salinidad en sentido restringido, sodicidad y toxicidad. El criterio salinidad evalúa el riesgo de que el uso del agua ocasione altas concentraciones de sales, con el correspondiente efecto osmótico y disminución de rendimiento de los cultivos. El criterio de sodicidad analiza el riesgo de que se induzca elevadas presiones que genere deterioro de la estructura. El criterio de toxicidad estudia los problemas que pueden crear determinados iones.

El análisis de calidad del agua de la fuente en estudio (Quebrada “Zanjón de Los Cedros”) se realizó en el Laboratorio de Química Ambiental del Núcleo Universitario “Rafael Rangel” de la Universidad en su fase de análisis, y la fase de campo se hizo siguiendo las instrucciones proporcionadas por el personal técnico del mencionado Laboratorio. Esta fase es una operación delicada que debe ser llevada a cabo con el mayor cuidado, porque condiciona los resultados analíticos y la interpretación que será dada. Se empleó un frasco plástico de un 1.5 l de agua mineral para la recolección de la muestra.

La toma de la muestra de agua en Quebrada “Zanjón de Los Cedros” del sector “Las Palmitas”, se realizó de la siguiente manera:

- En el momento de la toma se lavó el recipiente con el agua a analizar, luego se llenó completamente el envase, tratando de no dejarse burbujas de aire para luego cerrar herméticamente.
- Se transportó la muestra al Laboratorio de Química Ambiental del NURR, para realizar el análisis físico químico. Los resultados se pueden observar en la Tabla 4.2. y en el Apéndice D.

Tabla 4.2. Resultados del estudio de calidad del agua

<i>Parámetros</i>	<i>Método</i>	<i>Muestras</i>	<i>Unidades</i>	<i>Valores Máximos</i>
<i>Ph</i>	Potenciométrico	8,49	U/pH	6 - 9
<i>Conductividad Eléctrica (C.E)</i>	Conductimétrico	12,9	uS/cm	2000
<i>Temperatura (°C)</i>	Termométrico	10	°C	-
<i>Dureza Total (CaCO₃)</i>	Titulación	80,0	mg/L	500
<i>Sulfatos (SO₄⁻²)</i>	Colorimétrico	10,0	mg/L	500
<i>Cloruros (CL⁻)</i>	Titulación	1,0	mg/L	300
<i>Nitrogeno Total</i>	kjeldahl	2,0	mg/L	20
<i>Alcalinidad Total (CaCO₃)</i>	Titulación	75,0	mg/L	500
<i>Calcio Total (Ca⁺²)</i>	Titulación	60,0	mg/L	200
<i>Magnesio Total (Mg⁺²)</i>	Titulación	15,0	mg/L	70
<i>Sólidos Totales</i>	Evaporación y Secado	100,0	mg/L	1500
<i>Potasio Total</i>	Colorimétrico	1,0	mg/L	20

Los resultados obtenidos del análisis físico-químico realizado a la muestra de agua de la fuente de abastecimiento del sistema, indican la excelente condición del agua para consumo humano y domestico, recibándose recomendaciones del personal del Laboratorio de Química Ambiental del NURR de comercializar dicha agua debido a su alta pureza.

4.2. DEMANDA DEL RECURSO HÍDRICO.

4.2.1. Calculo de la evapotranspiración del cultivo de referencia (ET_o)

La evapotranspiración es un proceso complejo, pues no depende solo de los elementos físicos que afectan la evaporación, sino también de las características morfológicas y fisiológicas de la cobertura vegetal del suelo y del tiempo. Es por ello que resulta difícil obtener una función que relacione la evapotranspiración con los factores de la cual depende.

Según Allen (2006) la evapotranspiración del cultivo de referencia está definida como la tasa de evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas, de 12 cm de altura, con un valor fijo de resistencia de la superficie de 70 sm^{-1} , y un albedo de 0,23. El cultivo es asumido como uniforme, en crecimiento activo y sin limitaciones de agua.

Para el cálculo de la ET_o se utilizó el método de Penman-Monteith de la FAO-56 (Allen, 2006) considerando que existe toda la información necesaria: temperatura media, máxima y mínima del aire, insolación solar, velocidad del viento y humedad. La Ecuación de Penman-Monteith es la 4.1.

$$E_{to} = \frac{0,408 \times \Delta \times (R_n - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_{sat} - e_{act})}{\Delta + \gamma(1 + 0,34 \times u_2)} \quad (4.1)$$

Donde:

E_{to} : es la evapotranspiración del cultivo de referencia en ($mm/día$)

R_n : radiación neta en la superficie del cultivo en ($MJ/m^2 \cdot día$)

G : flujo de calor en el suelo en ($MJ/m^2 \cdot día$)

T : temperatura media del aire, medida a 2 m de altura ($^{\circ}C$)

u_2 : 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 ($kPa/^{\circ}C$)

γ : constante psicrométrica ($kPa/^{\circ}C$).

El cálculo de las variables de la Ecuación 4.1 se efectuó a través del programa "***ETo calculator***" de la FAO (2011). En la Tabla 4.3 se muestran los datos utilizados de temperatura máxima y temperatura mínima (T_{max} y T_{min}), humedad relativa (HR), insolación (n) y velocidad del viento (u) registrados en la estación Hacienda San Giusto, así como los valores de ET_o obtenidos a través de la fórmula de Penman-Monteith.

Tabla 4.3. Valores de temperatura, Tmax, Tmin, HR, n, u, ETo

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Tmax (oC)	24,5	25,1	25,2	24,8	24,6	23,5	23,3	21,8	21,9	24,6	24,7	24,3
Tmin (oC)	10,2	11,6	12,3	14,4	14,7	14,3	13,6	13,4	13,6	13,6	13,2	11,7
HR (%)	78	77	77	81	83	83	83	84	83	83	81	80
n (h)	5,6	5,4	4,7	2,5	2,7	2,6	3,6	3,6	3,7	3,5	4,0	5,1
u (m/s)	1,3	1,5	1,6	1,3	1,1	2,4	1,2	1,1	1,0	1,1	1,1	1,3
ETo (mm/d)	3,1	3,4	3,5	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9

4.2.2. Calculo de la evapotranspiración del cultivo (ET_c)

Según Allen (2006) las diferencias entre E_{To} y la evapotranspiración de un cultivo en particular (E_{Tc}), están relacionadas con las diferencias fisiológicas entre el cultivo de referencia y el cultivo a estudiar, así como diferencias en resistencias aerodinámicas del cultivo a la evapotranspiración. Entre las principales características que diferencian a un cultivo dado del cultivo de referencia están:

1. Altura del cultivo. Este parámetro afecta la resistencia aerodinámica del cultivo a la transferencia de vapor de agua a la atmósfera.
2. Albedo. El albedo afecta la cantidad de radiación que es reflejada, lo que modifica el valor de radiación neta, la cual es la principal fuente de energía para el proceso evapotranspiratorio.
3. Resistencia del cultivo. Cada cultivo tiene un particular numero de estomas (relacionado con su aérea foliar) y resistencia de los mismos a la transferencia de vapor de agua hacia la atmosfera.
4. Evaporación del agua a partir de la superficie del suelo. Cada cultivo cubre una determinada porción de suelo con respecto a su área total de influencia. Esto produce cambios en la cantidad de agua que es evaporada a partir de las superficies húmedas del suelo.

La determinación de ET_c a partir de ET_o comprende los siguientes pasos:

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

Las etapas de desarrollo del cultivo, consideradas en el trabajo de la FAO-56 (2006), son las siguientes:

Etapa inicial: esta etapa comprende el periodo 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.

En nuestro caso la longitud de las etapas del cultivo se determinaron a través de consultas a los productores del área de estudio.

2. Seleccionar el valor de K_c correspondiente a cada etapa del cultivo, ajustando el valor de K_c inicial por condiciones de humedecimiento frecuente en el suelo.

Los cultivos que los productores quieren desarrollar en la zona son: repollo (*Brassica oleracea*), calabacín (*Cucurbita pepo*), y auyama (*Cucurbita máxima*). Los valores de K_c para cada cultivo fueron obtenidos de Tablas incluidas en la publicación de la FAO-56 (Allen, 2006).

Los resultados de los valores de K_c para cada etapa del cultivo de los rubros repollo, calabacín y auyama, se muestran en las Tablas 4.4, 4.5 y 4.6, respectivamente.

Tabla 4.4. Valores de K_c para el repollo (*Brassica oleracea*)

ETAPAS	INICIO	DESARROLLO	INTERMEDIA	FINAL
Longitud (días)	26	40	34	10
Tiempo desde el día de Siembra	26	66	100	110
K_c	0.7	--	1.05	0.95

Tabla 4.5. Valores de K_c para la calabacín (*Cucurbita pepo*)

ETAPAS	INICIO	DESARROLLO	INTERMEDIA	FINAL
Longitud (días)	25	35	25	15
Tiempo desde el día de Siembra	25	60	85	100
K_c	0.5	--	0.95	0.75

Tabla 4.6. Valores de K_c para la auyama (*Cucurbita máxima*)

ETAPAS	INICIO	DESARROLLO	INTERMEDIA	FINAL
Longitud (días)	30	42	30	18
Tiempo desde el día de Siembra	30	72	102	120
K_c	0,5	--	0,95	0,75

3. Construir la curva del cultivo a partir de los valores K_c obtenidos y la longitud de cada etapa del cultivo. Esta curva permite obtener los valores intermedios de K_c .

En las Figuras 4.1, 4.2 y 4.3 se muestran las curvas construidas para los cultivos repollo, calabacín y auyama, respectivamente.

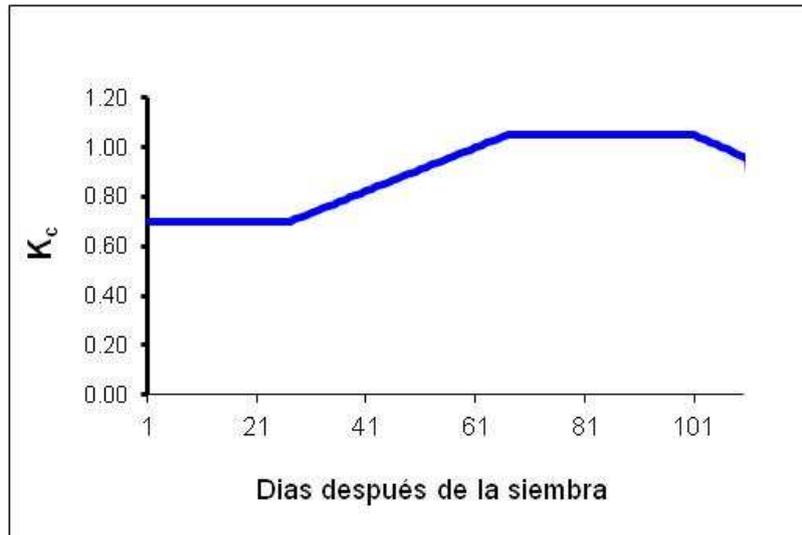


Figura 4.1. Curva de coeficiente de cultivo para el repollo



Figura 4.2. Curva de coeficiente de cultivo para el calabacín.



Figura 4.3. Curva de coeficiente de cultivo para la auyama.

4. Calcular los valores de ET_c

El calculo del valor del ET_c esta basado en la Ecuación 4.2:

$$ET_c = K_c * ET_o \quad (4.2)$$

Donde:

ET_c : evapotranspiración del cultivo (*mm/día*)

ET_o : evapotranspiración del cultivo de referencia (*mm/día*)

K_c : coeficiente del cultivo (adimensional)

En las Tablas 4.7, 4.8 y 4.9 se muestran los cálculos de la ET_c en mm/día para los cultivos de repollo, calabacín, y auyama.

Tabla 4.7. Resultados de la evapotranspiración (mm/d) del cultivo de repollo

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct	Nov	Dic.
ET _o	3,1	3,4	3,5	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9
K _c	0	0	0,38	0,76	1	1,04	0,09	0,38	0,76	1	1,04	0,06
ET _c	0	0	1,33	2,2	2,80	3,02	0,26	1,06	2,20	2,90	2,91	0,17

Tabla 4.8. Resultados de la Evapotranspiración (mm/d) del cultivo de calabacín.

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct	Nov	Dic.
ET _o	3,1	3,4	3,5	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9
K _c	0	0	0,27	0,60	0,91	0,68	0	0,27	0,60	0,91	0,68	0
ET _c	0	0	0,95	1,74	2,55	1,97	0	0,76	1,74	2,64	1,90	0

Tabla 4.9. Resultados de la evapotranspiración (mm/d) del cultivo de auyama

	Ene	Feb.	Mar	Abr.	May	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
Et _o	3,1	3,4	3,5	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9	2,9	2,8	2,9
K _c	0	0	0,27	0,55	0,84	0,94	0,34	0,27	0,55	0,84	0,94	0,32
ET _c	0	0	0,95	1,59	2,35	2,73	0,99	0,76	1,59	2,44	2,63	0,93

De acuerdo a las cifras obtenidas, el cultivo de mayor demanda es el repollo en el mes de junio, con un valor mensual máximo de 3.02 mm/d, seguido de los cultivos de auyama con un valor máximo de 2.73 mm/d en el mes de junio y el calabacín con 2.64 mm/d de demanda en el mes de octubre.

4.2.3. Precipitación efectiva

El contenido de humedad del suelo antes de la lluvia es de vital importancia para determinar su efectividad, su aprovechamiento es parcial, a menos que la percolación se requiera para lixiviar las sales. Además en determinados periodos del ciclo vegetativo,

cuando declina el consumo de agua, la lluvia no es efectiva, tal como ocurre en la maduración.

La relación entre la lamina retenida de la zona radicular del suelo y la que totaliza la precipitación caída, es una medida de la eficiencia de la misma. En los cálculos sobre demanda de agua debe tenerse en cuenta la precipitación efectiva P_e , que es igual a la fracción de P que realmente ingresa a la zona radicular en el suelo.

Para el cálculo de la P_e efectiva se utilizó el método del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos, el cual se expresa por la ecuación 4.3.

$$P_e = (P/125) \times (125 - 0,2 \times P) \quad \text{si } P < 250 \text{ mm} \quad (4.3)$$

$$P_e = 125 + 0,1 \times P \quad \text{si } P > 250 \text{ mm}$$

Donde

P_e = precipitación efectiva en mm

P = precipitación fiable considerando un 80% de probabilidad de ocurrencia.

En la Tabla 4.10 se presentan los resultados del cálculo de la precipitación efectiva. Para estimar la precipitación fiable se realizó un análisis de frecuencia de los datos de precipitación de la estación San Giusto.

Tabla 4.10. Valores de precipitación efectiva

Mes	Precipitación total (mm/mes)	Precipitación fiable (80% probabilidad de ocurrencia)	Precipitación Efectiva (mm/mes)
Enero	35.3	7.2	7.2
Febrero	51.7	17.3	16.8
Marzo	84.6	18.4	17.9
Abril	208.3	97.9	82.6
Mayo	211.0	172.5	124.9

Junio	308.9	220.8	142.8
Julio	252.5	156.8	117.5
Agosto	191.1	164.3	120.7
Septiembre	169.1	103.0	86
Octubre	151.3	90.1	77.1
Noviembre	114.1	34.4	32.5
Diciembre	70.4	19.3	18.7
Total	1848.3	1102	844.6

4.2.4. Balance hídrico

El balance hídrico del suelo en equilibrio con el clima es una forma de cuantificar la condición hídrica de un área determinada para un intervalo de tiempo dado. 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.

Una vez calculados los parámetros necesarios (ET_c , Pe) se procede a elaborar el balance hídrico por medio de la hoja de cálculo de Excel preparada por Trezza (2007) para cada uno de los cultivos. El balance hídrico se realizó a nivel mensual debido a la información meteorológica disponible.

El periodo de déficit marca el lapso en el cual los cultivos dependerán del riego artificial, y permite conocer la lámina de agua que representa la necesidad de riego. El periodo de exceso, por el contrario, da una indicación de la existencia de potenciales problemas de drenaje, si es que no existen condiciones naturales favorables para la evacuación de los excedentes.

4.2.5. Balance hídrico para el cultivo del repollo

En la Tabla 4.11 y la Figura 4.4 se presentan los resultados obtenidos con el balance hídrico del cultivo de repollo.

Tabla 4.11. Balance hídrico para el cultivo de repollo

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pe (mm)	7,2	16,8	17,9	82,6	124,9	142,8	117,5	120,7	86,0	77,1	32,5	18,7
Eto (mm)	0,0	0,0	41,2	66,1	86,8	90,5	8,1	33,0	66,1	89,9	87,4	5,4
B	20,5	37,3	-2,3	16,4	54,5	93,4	151,2	110,5	48,5	23,4	-31,4	13,3
Alm. (mm)	20,5	21,0	0,0	16,4	41,1	41,9	22,8	28,6	36,2	23,4	0,0	13,3
ET real (mm)	0,0	0,0	38,9	66,1	86,8	90,5	8,1	33,0	66,1	89,9	56,0	5,4
Exc (mm)	0,0	16,3	0,0	0,0	13,5	51,5	128,4	81,9	12,3	0,0	0,0	0,0
Def (mm)	0,0	0,0	2,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	31,4	0,0

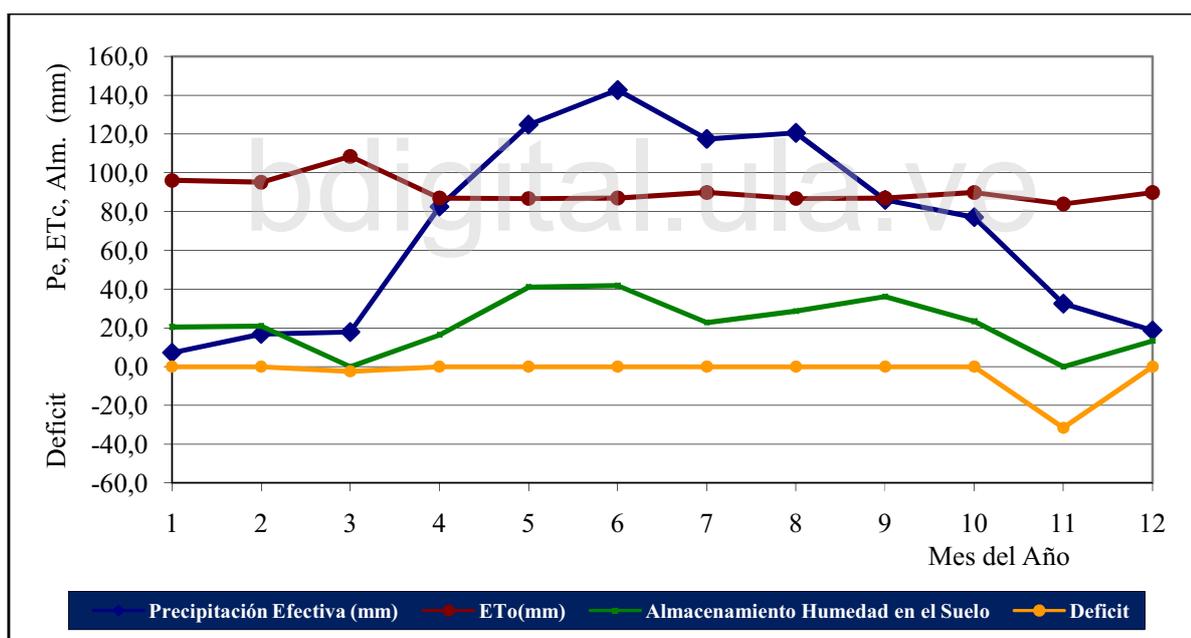


Figura 4.4. Balance hídrico para el cultivo de repollo

Al analizar los resultados se determina que el área presenta dos periodos secos durante el año, que son los meses marzo y noviembre, con déficit de 2,3 mm y 31,4 mm, respectivamente. Estos periodos de déficit marcan los lapsos desde los cuales el cultivo dependerá de riego artificial. El balance es analizado en forma mensual, por lo que los

resultados no identifican los periodos de déficit que se producen en intervalos más cortos, por ejemplo determinadas semanas o días consecutivos.

4.2.6. Balance hídrico para el cultivo del calabacín

En la Tabla 4.12 y la Figura 4.5 se presentan los resultados obtenidos con el balance hídrico del cultivo de calabacín.

Tabla 4.12. Balance hídrico para el cultivo de calabacín

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pe (mm)	7,2	16,8	17,9	82,6	124,9	142,8	117,5	120,7	86,0	77,1	32,5	18,7
Eto (mm)	0,0	0,0	29,3	52,2	79,0	59,2	0,0	23,4	52,2	81,8	57,1	0,0
B	28,2	37,8	9,6	40,0	83,5	129,8	157,3	118,3	62,3	32,9	8,3	27,0
Alm. (mm)	21,0	21,0	9,6	37,6	46,2	39,8	21,0	28,5	37,6	32,9	8,3	21,0
ET real (mm)	0,0	0,0	29,3	52,2	79,0	59,2	0,0	23,4	52,2	81,8	57,1	0,0
Exc (mm)	7,2	16,8	0,0	2,4	37,3	90,0	136,3	89,8	24,7	0,0	0,0	6,0
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

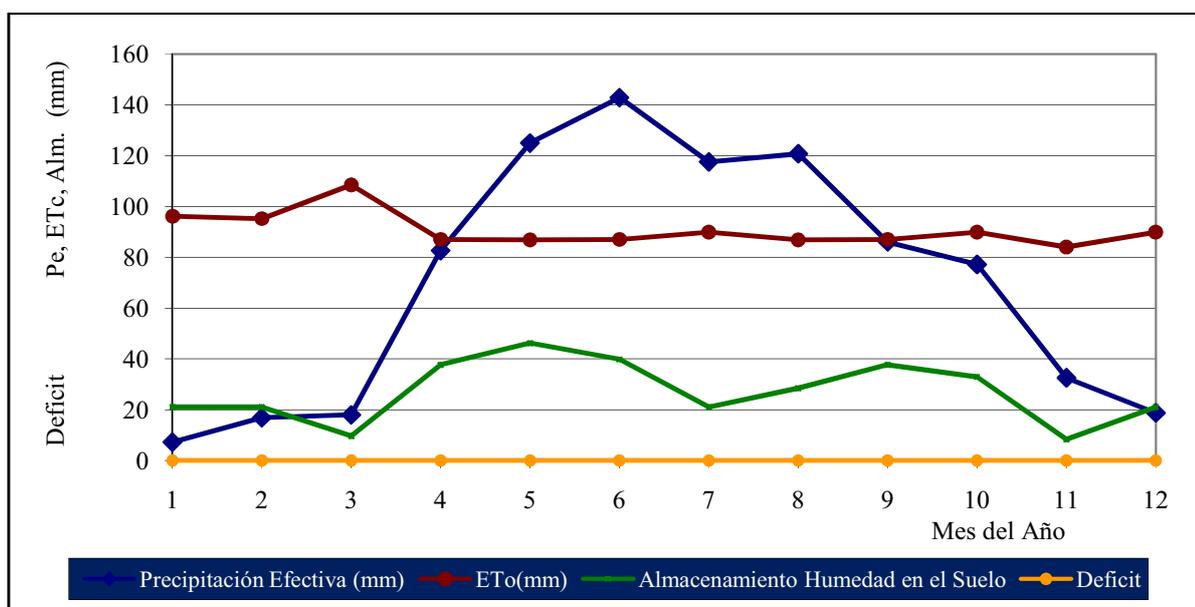


Figura 4.5. Balance hídrico para el cultivo del calabacín

En el caso del calabacín, los meses analizados no demuestran requerimientos de riego artificial por déficit a nivel mensual. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, esto no significa que no se presenten déficits hídricos en intervalos de tiempo más corto, los cuales son comunes en el área de estudio, según información recabada de los habitantes de la zona.

4.2.7. Balance hídrico para el cultivo de auyama

En la Tabla 4.13 y la Figura 4.6 se presentan los resultados obtenidos con el balance hídrico del cultivo de auyama.

Tabla 4.13. Balance hídrico para el cultivo de auyama

	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Pe (mm)	7,2	16,8	17,9	82,6	124,9	142,8	117,5	120,7	86,0	77,1	32,5	18,7
Eto (mm)	0,0	0,0	29,3	47,9	72,9	81,8	30,6	23,4	47,9	75,5	79,0	28,8
B	7,2	24,0	9,6	44,4	91,3	109,9	139,2	129,6	68,1	40,9	-5,6	-10,1
Alm. (mm)	7,2	21,0	9,6	39,3	48,9	52,2	32,3	30,0	39,3	40,9	0,0	0,0
ET real (mm)	0,0	0,0	29,3	47,9	72,9	81,8	30,6	23,4	47,9	75,5	73,4	18,7
Exc (mm)	0,0	3,0	0,0	5,1	42,4	57,7	106,9	99,6	28,9	0,0	0,0	0,0
Def (mm)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6	10,1

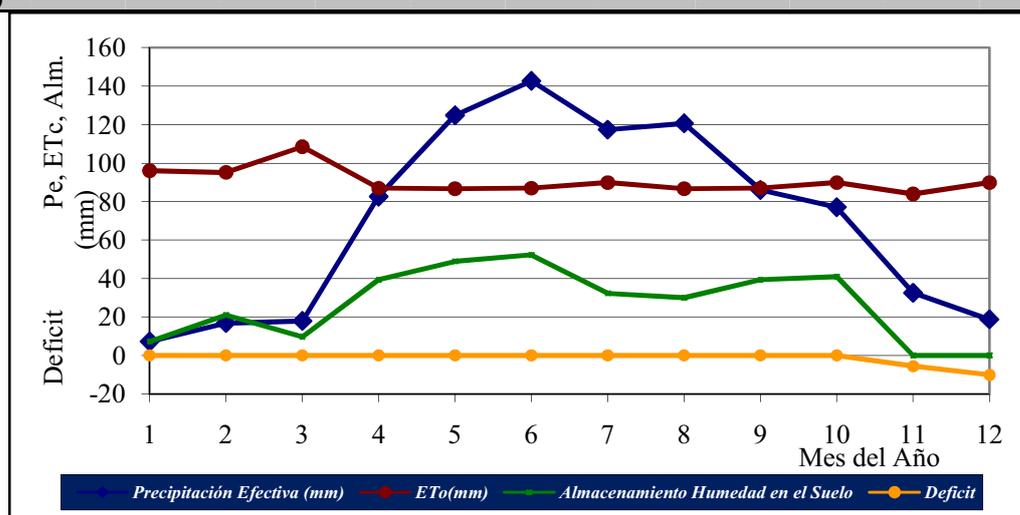


Figura 4.6. Balance hídrico para el cultivo de auyama

En este caso, se plantea un déficit hídrico en los meses de noviembre y diciembre, para los cuales se debe satisfacer una demanda de 5,6 mm y 10,1 mm, respectivamente.

4.2.8. Comentarios sobre el balance hídrico

Es muy importante mencionar que debido a que el balance hídrico se realizó a nivel mensual, el mismo no refleja los déficit hídricos de corta duración que se producen durante el mes, los cuales podrían identificarse si se tomara en cuenta un intervalo de tiempo más corto, por ejemplo a nivel diario o semanal. Es por ello que los resultados del balance a nivel mensual deben tomarse con reservas, por lo que se recomienda realizar el balance a nivel diario, si se quieren conocer con exactitud los periodos de déficits que ocurren dentro de cada mes.

4.3. CAUDAL MODULO

Es el caudal requerido para satisfacer las demandas hídricas por unidad terreno (hectárea) de un cultivo en particular, tomándose en cuenta la ET_c máxima del cultivo, la eficiencia de aplicación y el tiempo de operación en el que se aprovecha dicho caudal; la expresión matemática para determinar el caudal modulo es la Ecuación 4.3

$$C_m = \frac{ET_c (mm) * 10000(m^2)}{Ef * T_o * 3600} \quad (4.3)$$

Donde:

C_m = Caudal modulo en l/s

ET_c = Evapotranspiración del cultivo en mm.

Ef = eficiencia de aplicación, en fracción

T_o = tiempo de operación, en horas.

El caudal módulo se calcula asumiendo un tiempo de operación (T_o) de 24 horas; este tiempo significa que durante 24 horas se aprovechará el caudal disponible, ya sea directamente para riego o para almacenamiento de agua que será utilizada para el riego. Es

por ello que el caudal módulo representa el caudal mínimo requerido por hectárea, siempre y cuando se aproveche el caudal disponible las 24 horas del día. Si el tiempo de operación fuera menor a 24 horas entonces se deberá ajustar el valor de T_o en la Ecuación 4.3, lo que se traduciría en un mayor caudal requerido por hectárea.

Se consideró una eficiencia de riego del 70% para todos los cultivos. Se consideran los valores máximos de ET_c para cada cultivo: repollo (3,02 mm/d), calabacín (2,64 mm/d) y auyama (2,63 mm/d) respectivamente. Los valores del caudal modulo para cada cultivo se presentan en la tabla 4.14.

Tabla 4.14. Valores del caudal modulo para los cultivos de repollo, calabacín y auyama.

Cultivo	ET_c máxima (mm/d)	Ef (%)	T_o (horas)	C_m (l/s/ha)
Repollo	3,02	70	24	0,48
Calabacín	2,64	70	24	0,44
Auyama	2,63	70	24	0,44

4.3.1. Número de hectáreas máximas a regar

En la Tabla 4.15 se presenta una estimación del numero máximo de hectáreas a regar, asumiendo los caudales módulos mostrados en la Tabla 4.14, considerando un tiempo de operación de 24 horas, una eficiencia de riego del 70% y un caudal disponible de 4,05 l/s. También se presenta el número máximo de hectáreas a regar en el caso de que el tiempo de operación fuese en realidad de 16 horas al día.

Tabla 4.15. Número máximo de hectáreas a regar considerando un caudal disponible de 4.05 l/s.

Tiempo de operación (h)	de Cultivo	Caudal requerido por hectárea (l/s)	# máximo de hectáreas a regar
24 horas	Repollo	0,48	8,4

	Calabacín	0,44	9,2
	Auyama	0,44	9,2
16 horas	Repollo	0,72	5,6
	Calabacín	0,65	6,2
	Auyama	0,65	6,2

Como se puede observar en la Tabla 4.15, se pueden regar un máximo de 9,2 hectáreas de calabacín y auyama y 8,4 hectáreas de repollo si se aprovecha el caudal disponible de 4,05 l/s durante las 24 horas del día, manteniendo una eficiencia de riego del 70%. Si se reducen las horas de operación a 16 horas, el número máximo de hectáreas a regar se reduce a 6,2 (calabacín y auyama) y 5,6 (repollo), respectivamente.

El número de hectáreas a regar también se reduciría si se aplica el agua con una menor eficiencia que el 70% considerado en los cálculos.

bdigital.ula.ve

CAPITULO V

DIAGNOSTICO DEL SISTEMA DE CAPTACIÓN, ADUCCIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN

5.1. GENERALIDADES

El sistema doble propósito que provee de recurso hídrico a la comunidad de “Las Palmitas” de la parroquia Mosquey es abastecido por la quebrada “Zanjón de Los Cedros”, micro cuenca del río Boconó, la cual es la que proporciona el recurso en mayor cantidad y calidad para los requerimientos que demanda la comunidad. Sin embargo, a pesar de que se dispone de un acueducto, el mismo no es suficiente ni eficiente para satisfacer las necesidades del sector tanto para consumo humano como para la demanda de agua de los cultivos, y por tal motivo, estos disminuyen la producción en época de verano.

Cabe señalar que el almacenamiento fue construido en la comunidad hace mas de 35 años, con una capacidad de 25000 lt, por lo que no cubre necesidades mínimas de almacenamiento para casos de emergencia. Por otra parte, se presentan deficiencias en la captación y aducción, lo cual influye en los niveles de presión entregados por el sistema actual.

La oficina del Ministerio de Agricultura y Tierras del municipio Boconó, realizó una inspección del sistema actual en abril del año 2003, en la cual se determinaron las siguientes causas de la deficiencia de servicio del sistema:

- No hay estructuras eficientes de captación en la fuente de agua, es decir, no hay dique toma ni desarenador.
- La línea de aducción en el punto de toma es de un diámetro muy pequeño para la cantidad de agua disponible en la fuente de captación, para la distancia total a recorrer hasta el almacenamiento y para los requerimientos actuales de la comunidad.
- El depósito de agua es insuficiente para el tamaño y necesidades de la comunidad, tanto para actividades domesticas como de otra índole.

En este Capítulo se realiza una evaluación de las condiciones en que se encuentra los distintos componentes del sistema de captación y aducción.

5.2. CAPTACIÓN

5.2.1. Obras de derivación y captación

La captación del sistema actual se lleva a cabo mediante obras que carecen de criterios técnicos en su diseño y construcción, realizadas por los pobladores de la comunidad. La obra de captación está constituido por una toma de fondo rudimentaria que se alimenta de un canal de derivación improvisado por los usuarios y construido con las rocas del mismo cauce, en el cual a su vez está colocada un tubo de P.E.A.D. de 2” de diámetro para la captación directa (Figuras 5.1 y 5.2).



Figura 5.1. Canal de derivación realizado por los pobladores



Figura 5.2. Canal de derivación con toma directa realizado por los usuarios

Esta toma consta de una lámina de zinc semicircular de 1 m de diámetro que a su vez se complementa con una rejilla de cabillas de ½” de espesor para evitar que dicha toma sea colmatada por las rocas arrastradas en épocas de crecida, y dos ductos de salida tubulares cilíndricos de 2” de diámetro conectados a mangueras de P.E.A.D. que transportan el fluido hasta el desarenador (Figuras 5.3 y 5.4). El buen funcionamiento de esta toma está sujeto a las variaciones hidrológicas de la quebrada, así como de un frecuente mantenimiento de la misma para evitar su colmatación prematura, debido a las deficiencias de su diseño.



Figura 5.3. Detalles de la captación actual



Figura 5.4. Entrada al desarenador.

5.2.2. Obra de limpieza

Esta obra consta de un desarenador circular, construido con criterios empíricos de los habitantes de la zona, cuyo tiempo de construcción excede el límite permitido para obras de este tipo. Este desarenador tiene 3,15 m de diámetro y 0,90 m de altura recubierto por una tapa de forma cónica fabricada con laminas de zinc, en la cual existe una abertura por donde entran las mangueras que abastecen el sistema provenientes de la toma de fondo y la toma directa; dichas mangueras, no entregan el caudal a sección completa. Otros componentes de esta obra los conforman un tubo aliviadero de 6" de diámetro el cual descarga un caudal de excedencias inferior a aproximadamente el 10% de su sección, y un ducto de limpieza de 6" de diámetro, ubicado en la parte más baja del desarenador, en dirección paralela a la del tubo aliviadero. (Figuras 5.5 y 5.6).



Figura 5.5. Abertura en tapa de desarenador



Figura 5.6. Tubería aliviadero (superior) y de limpieza (inferior)

5.3. ADUCCIÓN

La línea de aducción está conformada en su totalidad por tubería tipo P.E.A.D. de 2" de diámetro y cuenta con una longitud de 2489,6 m, apoyándose en la diferencia de cota para su limitado funcionamiento.

En el diseño de la tubería no se consideraron los desniveles existentes a lo largo de esta línea para el diseño del diámetro más adecuado a usarse, factor fundamental en la estimación del comportamiento de los niveles piezométricos de la misma. Esto aunado al escaso mantenimiento de la tubería, se traduce en la presencia de múltiples fugas de agua a lo largo de la longitud de dicha línea (Figura 5.7), así como en la falta de elementos de control tales como tanquillas rompecarga y ventosas, factores que son la causa de una

entrega de caudal en el almacenamiento por debajo del esperado, registrándose caudales de entrega en un promedio de 2,1 l/s de los 3,14 l/s derivados en la toma (Figura 5.8).



Figura 5.7. Fuga de agua por como resultado de exceso de presión

La tubería que conforma esta línea de aducción, se encuentra enterrada en casi su totalidad, excepto pequeñas longitudes de ésta, las cuales quedan al descubierto por acción de la erosión (Figura 5.9) ó por tránsitos aéreos de la misma (Figura 5.10). En el caso del tránsito aéreo la tubería debería estar amarrada a una guaya para garantizar su estabilidad.



Figura 5.8. Caudal entregado por la aducción



Figura 5.9. Exposición de la tubería por efectos de la erosión



Figura 5.10. Tránsito aéreo de la tubería

En la Tabla 4.1 se indican las cotas y coordenadas U.T.M. de puntos característicos de la línea de aducción, tales como posiciones relativas, estado de la tubería, entre otros.

5.4. ALMACENAMIENTO

La obra de almacenamiento existente en el sistema posee una capacidad de 25000 l, para una comunidad en constante crecimiento económico y poblacional, la cual no cubre con las necesidades que demanda los habitantes de este sector. Esta obra de almacenamiento, cubre las necesidades del sector “Las Palmitas” que cuenta con una población de 170 habitantes distribuidos en 55 viviendas, y a la vez surte a la localidad vecina llamada “La Boca del Monte” que posee una demografía de 40 habitantes distribuidos en 13 viviendas.

Tabla 5.1. Identificación de puntos especiales en la aducción

<i>Pto</i>	<i>Este</i>	<i>Norte</i>	<i>Cota</i>	<i>Observación</i>
<i>1</i>	371136	1027144	1950	Inicio de la aducción.
<i>17</i>	370992	1027600	1920	Pérdida de agua.
<i>41</i>	370816	1028112	1865	Pérdida de agua.
<i>42</i>	370808	1028140	1865	Pérdida de agua.
<i>43</i>	370765	1028156	1870	Pérdida de agua.
<i>44</i>	370714	1028247	1870	Pérdida de agua.
<i>45</i>	370696	1028292	1860	Pérdida de agua.
<i>46</i>	370677	1028354	1840	Pérdida de agua.
<i>47</i>	370619	1028413	1840	Pérdida de agua.
<i>48</i>	370613	1028417	1840	Pérdida de agua.
<i>49</i>	370595	1028427	1840	Pérdida de agua.
<i>50</i>	370570	1028460	1830	Pérdida de agua.
<i>51</i>	370545	1028474	1830	Pérdida de agua.
<i>52</i>	370537	1028474	1830	Pérdida de agua.
<i>53</i>	370512	1028476	1820	Tránsito aéreo.
<i>54</i>	370487	1028476	1825	Tránsito aéreo.
<i>58</i>	370340	1028873	1870	Entrada Almacenamiento

Por otra parte el almacenamiento existente limita la disponibilidad del agua para el desarrollo de actividades agrícolas, tales como el riego de cultivos.

La fecha de construcción de la obra de almacenamiento, la cual data de más de tres décadas, así como la limitada proyección de crecimiento poblacional para el diseño de la misma, son factores que indican su caducidad. En la Figuras 5.11 y 5.12 se muestra las condiciones externas de dicha obra de almacenamiento, la cual presenta serios daños atribuibles a la acción del medio ambiente y al vencimiento de vida útil.



Figura 5.11. Condiciones externas de la obra de almacenamiento



Figura 5.12. Condiciones externas de la obra de almacenamiento.

5.5. DISTRIBUCIÓN DEL AGUA A PARTIR DE LA OBRA DE ALMACENAMIENTO

La distribución se inicia desde la obra de almacenamiento, de forma independiente de la línea de abastecimiento del caserío de “La Boca del Monte”, suministrando el recurso hídrico a los beneficiarios en cada una de sus viviendas.

La línea principal de la red de distribución está ubicada en la parte posterior de las propiedades de los beneficiarios, contando cada uno con una única toma para sus propósitos agrícolas y domésticos hasta la progresiva 0+319,72 (Apéndice B), a partir de la cual se encuentran tomas múltiples en un solo punto de suministro de la línea principal. En su inicio la línea principal cuenta con un diámetro de 3" el cual reduce a 2", justo antes de la primera toma, en la progresiva 0+058,08 según Apéndice B, a partir de la cual se mantiene su diámetro hasta alcanzar un diámetro de ¾". La línea principal de distribución cuenta con buen mantenimiento, ya que está ubicada directamente en las propiedades de los beneficiarios y de ella depende el buen abastecimiento hídrico de sus predios y hogares.

5.6. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO

En el sistema de abastecimiento hídrico con fines domésticos y agrícolas del sistema de riego del sector "Las Palmitas" de la parroquia Mosquey del municipio Boconó, se encontraron importantes deficiencias en su estado actual de funcionamiento, ya que el mismo no dispone de obras eficientes que garanticen una adecuada captación tales como dique toma y desarenador.

Las estructuras de captación actuales muestran signos de prescripción de su vida útil, careciendo a la vez de criterios técnicos de diseño que impide una operatividad adecuada. Esto indica la necesidad de realizar el diseño de obras hidráulicas, tales como un dique toma y un desarenador, con el propósito de efectuar el mejor aprovechamiento posible del recurso existente, como fuente única de abastecimiento de agua potable para este sector.

En este mismo contexto, la línea de aducción presenta múltiples fugas a lo largo de su longitud que no permiten entregar completamente el caudal derivado, ya que para su diseño no se consideró el dimensionamiento con base en un diámetro adecuado, atendiendo a las diferencias de cota existentes a lo largo de su trayecto, las cuales posiblemente requerirían elementos de regulación de presiones. Es por ello que se hace necesario el estudio del comportamiento piezométrico de la tubería actual en aras de establecer su posible reutilización mediante la incorporación de obras complementarias (tanquillas

rompecarga), o su reemplazo por otra tubería de diferente diámetro que mejore el rendimiento en la entrega del caudal.

Con respecto a la obra de almacenamiento, la misma no es suficiente para cubrir con las necesidades que amerita una comunidad agroproductiva. El estanque existente es insuficiente para abastecer los requerimientos actuales por su capacidad de almacenamiento y reservas para casos de emergencia local, haciéndose necesario el rediseño de una estructura de almacenamiento que satisfaga las múltiples exigencias de la población mediante la proyección en el tiempo de la misma para una vida útil de 30 años.

En el caso de la distribución, la línea principal se encuentra en funcionamiento aunque no con la eficiencia esperada, debido a que presenta el mismo inconveniente de diseño de la aducción, es decir, no se tomo en cuenta los desniveles a lo largo de su longitud ni la demanda por parte de la población para entregar el caudal final a una presión adecuada.

En el Capítulo VI se presenta el diseño de las estructuras necesarias para el buen funcionamiento del sistema de abastecimiento de agua para fines de consumo humano y agrícola.

CAPITULO VI

DISEÑO DE LAS OBRAS HIDRAULICAS REQUERIDAS

6.1. OBRA DE CAPTACIÓN

6.1.1. 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_{med}), el caudal mínimo (Q_{min}) y el caudal de crecida o caudal máximo (Q_{max}).

Sin embargo, debido a que no se tienen registros hidrológicos de la fuente de abastecimiento, por parte de organismos oficiales, ni en la principal Institución de Educación Superior encargado de la materia en la zona como lo es el Centro de Ecología de Boconó, en el diseño de la obra de almacenamiento se tomaran las dimensiones de un dique toma para una zona de piso alto, el cual funciona eficientemente tanto a nivel estructural como de operatividad, adaptándolo al ancho de la sección transversal seleccionada. Se recomienda que a los habitantes de la comunidad la necesidad de realizar dicho registro de caudales, a fin de comprobar la permanencia en el tiempo de esta obra, la cual estará ubicada a los 1949,53 m.s.n.m. sobre la quebrada “Zanjón del Los Cedros” de la parroquia Mosquey del municipio Boconó.

6.1.2. 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 (30 de abril de 2007) fue de 6,79 l/s, entonces el caudal máximo a derivar será:

$$Q_{\text{máx}} = 6,79 - 0,1 \cdot 6,79 = 6,1 \text{ l/s}$$

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:

$$\text{Caudal a derivar} = Q = 5 \text{ l/s}$$

6.1.3. Levantamiento topográfico del sitio de captación

Se procedió a realizar el levantamiento topográfico del sitio de toma, ubicado en la cota 1950 sobre la fuente de agua.

En la Tabla 6.1 se presenta la información obtenida en el levantamiento topográfico del sitio de emplazamiento de la obra de toma.

El plano en curvas de nivel con equidistancia entre ellas de 0,5 m se muestra en el plano 6.1 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.

6.1.4. 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 C se muestran las vistas frontal, en planta y lateral, de la obra de captación.

Tabla 6.1. Lista de coordenadas Este, Norte y Cotas del levantamiento topográfico de la zona de captación.

TABLA DE COORDENADAS U.T.M.			
PUNTO	ESTE	NORTE	COTA
A	371136.00	1027144.00	1950.00
2	371143.75	1027145.90	1951.50
3	371144.98	1027147.66	1951.61
4	371144.58	1027148.96	1952.21
5	371147.49	1027149.34	1953.25

6	371148.21	1027150.24	1954.51
7	371136.06	1027143.52	1952.06
8	371136.53	1027142.77	1952.80
9	371146.58	1027143.98	1951.81
10	371147.46	1027142.58	1952.30
11	371145.88	1027142.02	1952.05
12	371148.56	1027145.67	1952.66
13	371149.54	1027147.07	1953.07
14	371138.18	1027142.53	1951.56
15	371137.80	1027143.43	1950.66
16	371129.51	1027140.12	1949.42
17	371138.52	1027147.03	1949.23
18	371138.37	1027148.87	1949.63
19	371138.21	1027149.48	1949.78
A	371136.00	1027144.00	1950.00
C	371107.00	1027143.00	1946.00
20	371116.79	1027140.67	1948.73
21	371115.67	1027143.34	1947.87
22	371115.96	1027146.61	1947.24
23	371114.46	1027148.40	1947.72
24	371113.83	1027151.25	1949.05
25	371114.03	1027140.26	1948.33
26	371111.97	1027142.46	1946.55
26	371110.40	1027144.92	1946.67
28	371108.67	1027146.36	1946.67
29	371107.83	1027147.00	1946.91
30	371108.20	1027149.92	1948.77

6.2. DESARENADOR

Cuando se capta agua de una fuente superficial, inevitablemente se están captando también sedimentos en suspensión y de arrastre. Dentro del esquema hidráulico de un aprovechamiento de agua, el desarenador es la estructura hidráulica que tiene la función de mejorar la calidad del agua, eliminando las partículas de cierto tamaño que la captación ingresó al sistema. En general, los desarenadores tienen la importante misión de eliminar ciertas partículas que se encuentran en suspensión en el agua y posteriormente, mediante una adecuada operación, arrojarlas nuevamente a la fuente originaria.

El desarenador de esta obra está ubicado, según Apéndice A, en la progresiva 0+551,75 de la línea de aducción y a una altura de 1930 m.s.n.m. de la quebrada “Zajón de

Los Cedros”, llevándose a cabo su diseño de acuerdo al Manual de Acueductos Rurales (ACUERUR), elaborado por el Instituto Nacional de Obras Sanitarias (INOS), adaptado al caudal captado de 5 l/s. En el Apéndice C, respectivamente, se muestran los cortes y detalles correspondientes.

6.3 ADUCCIÓN

6.3.1. 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, que en contraste a las deficiencias encontradas en el diagnóstico de la aducción actual, se prevé una entrega eficiente del gasto requerido para uso doméstico y su excedente que podrá ser usado para fines de riego agrícola.

La tubería de aducción consta de una longitud de 2489,57 m, la cual inicia en el dique toma a una elevación de 1950 m.s.n.m. y finaliza donde se ubicarán los tanques de almacenamiento, aquí propuestos, a una elevación de 1870 m.s.n.m.

Se presentan en el trazado de la tubería diferencias de cota en puntos intermedios, debido a los cambios bruscos en la topografía que sigue el perfil longitudinal de dicha línea.

La diferencia de cota entre el punto inicial (1950 msnm) y el punto final (1870 msnm) define una carga disponible de 60 mca por lo que se consigue un valor de carga disponible en el sistema de 60 mca, valor de importancia en la selección del diámetro de la tubería. Por otra parte, la diferencia entre el punto de cota máxima (1950 m.s.n.m.) y el punto de cota mínima (1820 m.s.n.m.) define una carga estática máxima de 130 mca, factor a considerar en la selección de la clase de tubería que soportará esas cargas hidrostáticas.

6.3.2. Caudal necesario para abastecimiento poblacional

El caudal a derivar para abastecimiento poblacional fue estimado para cubrir la demanda poblacional proyectada a 30 años. Los cálculos se realizaron por el método geométrico presentado por Razurí y colaboradores (2008), el cual se representa por la Ecuación 6.1:

$$P_F = P_{UC}(1 + r)^{T_F - T_{UC}} \quad (6.1)$$

Donde:

P_F es la población futura o proyectada.

P_{UC} es la población del último censo.

r es la tasa de crecimiento anual.

T_F y T_{UC} son el año de la proyección y el del último censo.

Los valores de tasa de crecimiento poblacional de datos obtenidos del Instituto Nacional de Estadística (INE), y el valor correspondiente al inventario poblacional se obtuvo gracias a iniciativa propia de los residentes de la comunidad que realizaron el censo de la zona en fechas recientes.

Por tanto, la densidad demográfica proyectada a 30 años de acuerdo a datos e índices obtenidos, será:

$P_{UC} = 210$ Habitantes.

$r = 1,05\%$

$T_F = 2041$

$T_{UC} = 2011$

Por lo cual, $P_F = 329$ **Habitantes**.

En base a esta proyección de la población, se establece el consumo diario de la comunidad de acuerdo a las normas sanitarias venezolanas, que establecen una dotación de

250 l/hab/d, siendo la ecuación 6.2. la expresión que determina el requerimiento de agua potable diaria para la comunidad de “Las Palmitas”

$$D_{DP} = D_H * P_F \quad (6.2)$$

Donde:

D_{DP} = Demanda diaria Proyectada.

D_H = Demanda por habitante.

P_F = Población futura o proyectada.

Por lo tanto $D_{DP} = 82250 \text{ l/d}$

Se propone el uso de dos tuberías a partir del desarenador, una estará destinada a satisfacer las necesidades domesticas de la localidad de acuerdo a la proyección poblacional, con un diámetro nominal de diseño de 2” que transportará un caudal de 0,95 l/s y el excedente del caudal total derivado será transportado por una segunda tubería con diámetro nominal de 3” para uso agrícola.

6.3.3. Distribución de la tubería de aducción

La aducción transportará el caudal derivado en dos tramos del perfil longitudinal (Plano 5.1):

- a) El primer tramo estará conformado por tubería de 3”, que conducirá el caudal total a derivar (5 l/s) desde el dique toma hasta el desarenador, ubicado en la progresiva 0 + 551,75 (Apéndice A).
- b) El segundo tramo del perfil que abarca desde el desarenador hasta el almacenamiento, constará de 2 tuberías de diámetros diferentes, que se alinearán en paralelo hasta el sitio de almacenamiento. Una de ellas será la sustitución de la tubería existente de 2”, la cual será utilizada para transportar el caudal necesario para consumo humano, estimado en 0,95 l/s. La segunda tubería será de 3” y

conducirá el caudal remanente (4,05 l/s) a utilizar para riego complementario de los cultivos.

6.3.4 Diseño de tubería y cálculos de las presiones en la red

En el diseño de las tuberías para la selección del diámetro a emplear, se uso la formula de Darcy – Weisbach, que se muestra en la Ecuación 5.2.

$$hf = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2 * g} \quad (5.2)$$

donde:

hf = pérdida de carga en mca

f = factor de fricción adimensional.

L = longitud de la tubería en m.

V = velocidad del agua en m/s.

g = aceleración de la gravedad (9,81 m/s²)

En la Tabla 6.2 se presenta un resumen del diseño de las tuberías y en el Apéndice A se presenta los detalles de diámetros, pérdidas por fricción y presiones en la red.

Tabla 6.2. Resumen de los tramos de tuberías de acuerdo a su ubicación y características

Descripción	Tramo	Longitud (m)	Diámetro (pulg)	ΔZ (m)	Q (l/s)
Desde la captación hasta el desarenador.	0-1	552,11	3	20	5
Desde desarenador hasta almacenamiento domestico	1-2a	1985,6	2	110	0,95
Desde desarenador hasta almacenamiento	1-2b	1985,6	3	110	4,05

6.3.5. Ventosas y válvulas de limpieza

Para un funcionamiento adecuado de las líneas de aducción, las ventosas poseen un papel importante, ya que las líneas por gravedad tienen la tendencia a acumular aire en los puntos altos lo que provoca una reducción del área de flujo del agua, y consecuentemente se produce un aumento de las pérdidas y una disminución del gasto ocasionando golpes repentinos o intermitentes similares a los de golpes de ariete. Para ello se utilizan válvulas automáticas en todos los puntos altos que permitan la expulsión del aire acumulado y la circulación del gasto deseado (Arocha 1980), y en su instalación se recomienda instalar una válvula en la parte inferior de la ventosa a efectos de mantenimiento y regulación.

En los diseños de líneas de aducción por gravedad se consideran como puntos altos aquellos en los que existiendo una curva vertical se pasa de una pendiente positiva a una negativa.

Del mismo modo, en aras de garantizar la circulación del gasto deseado, se da la necesidad del uso de válvulas de limpieza dada la tendencia a la acumulación de sedimentos en los puntos bajos, por lo que resulta conveniente colocar dispositivos que permitan periódicamente la limpieza de tramos de tuberías, lo cual consiste en una derivación de la tubería, provista de llave de paso. En la Tabla 6.3 se mencionan las progresivas donde se requiere el uso de ventosas y válvulas de limpieza, respectivamente.

Tabla 6.3. Posiciones de ventosas y válvulas de limpieza a lo largo de la línea de aducción

Progresiva	Ventosa	Valv. Limpieza
0+854,42		X
0+925,96	X	
0+957,58		X

0+967,43	X	
1+028,07	X	
1+320,58	X	
2+020,14	X	
2+045,14		X

Ver Perfil Longitudinal y progresivas: Apéndice A

6.4. 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. En el sistema de almacenamiento para uso domestico se consideraron 2 días de acumulación, dado que existe una limitación en la proyección debido a las dificultades en la disposición de áreas de terreno para este propósito, presentándose el mismo inconveniente para el almacenamiento para fines de regadío, en el que se consideró 1 día de acumulación, debido a que el volumen es ampliamente mayor.

De acuerdo a las Normas Sanitarias Venezolanas, la dotación diaria por persona corresponde a 250 l, y dado que la proyección poblacional indica una demografía de 329 habitantes al cabo de 30 años, que es el tiempo para el cual se proyecta el sistema, se tiene que la demanda diaria de diseño es de 82250 l/pers/día, y tomándose los dos días de acumulación antes mencionados, el tanque de almacenamiento debe poseer una capacidad igual o superior a los 164.500 l.

De igual manera el caudal disponible para uso agrícola será de 4,05 l/s, lo que representa un volumen de almacenamiento diario de 349920 l, con lo que se tendría disponibilidad hídrica para satisfacer necesidades hídricas en parcelas de cultivos.

El diseño con vista en planta y de perfil de los tanques de almacenamiento para las capacidades antes mencionadas se muestran en el Apéndice C y en la Tabla 6.4 el dimensionamiento de los tanques australianos seleccionados.

Tabla 6.4. Características de los tanques de almacenamiento a utilizar.

<i>Tanques Australianos</i>				
<i>Uso</i>	<i>Diámetro (m)</i>	<i>Altura (m)</i>	<i># de anillos</i>	<i>Capacidad (lt)</i>
Domestico	7,58	4,38	5	182.463
Riego	11,83	3,50	4	413.963

Fuente: ARMCO Venezolana.

CAPITULO VII

CALCULO DE LA INVERSION INICIAL

En este capítulo se tratara los montos requeridos para la ejecución de cada uno de los componentes que conforman este proyecto como lo son: obras de infraestructura, tuberías para líneas de aducción y sus accesorios y estructuras de almacenamiento, tomándose como referencia de precios listas o cotizaciones aportadas por casas comerciales tanto a nivel regional como nacional, tomándose un índice de seguridad del 15% para efectos de inflación.

En las Tablas 7.1, 7.2, 7.3, 7.4 y 7.5, respectivamente, se presentan los cálculos correspondientes a la inversión necesaria para las obras de captación, las complementarias, aducción y almacenamiento, los cuales constituyen el presupuesto de todos los componentes del sistema, indicándose en la Tabla 7.6 el resumen final de todas las obras tanto en moneda nacional como en Dólar Americano (US \$)

En el Apéndice F se presentan los cómputos métricos, detallándose la información a través de partidas enumeradas de los materiales necesarios para la construcción de cada una de las obras mencionadas anteriormente, y en el Apéndice G se presentan las cotizaciones de los tanques australianos multipropósito emitidas por los fabricantes.

Tabla 7.1. Presupuesto obra de captación.

Dique Toma			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
		Bs.	Bs.
Excavación	4,02 m ³	960,45	3861,01
Concreto	6,49 m ³	2418,91	15698,73
Acero	350,78 kg	18,63	6535,03

Encofrado	14,44 m ²	251,97	3638,45
TOTAL			29733,22

Fuente del precio unitario: apvobras.com de fecha: 29 de septiembre de 2011

Tabla 7.2. Presupuesto desarenador.

Desarenador			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
		Bs.	Bs.
Excavación	0,71 m ³	960,45	681,92
Concreto	2,10 m ³	2418,91	5079,71
Acero	227,16 kg	18,63	4231,99
TOTAL			9993,62

Fuente del precio unitario: apvobras.com de fecha: 29 de septiembre de 2011

Tabla 7.3. Presupuesto línea de aducción

Línea de aducción			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
		Bs.	Bs.
Tubería P.E.A.D. 3" 130 psi	552,11 m ²	42,34	23376,34
Tubería P.E.A.D. 3"	1885,6 m ²	49,80	93902,88

150 psi				
Tubería P.E.A.D. 2"	1885,6 m ²	42,34		79836,30
185 psi				
Válvulas 3" con brida y tornillería	5 piezas	2009,00		10045,00
Válvulas 3" con brida y tornillería	2 piezas	1638,00		3276,00
Codo de 90° 3" P.E.A.D.	2 piezas	184,80		369,6
TOTAL				210806,12

Fuente del precio unitario: Juanmanguera C.A. de fecha: 30 de septiembre de 2011

bdigital.ula.ve

Tabla 7.4. Presupuesto tanque almacenamiento para agua potable

Tanque almacenamiento para agua potable

Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
		Bs.	Bs.
Compactación	6,93 m ³	122,55	849,27
Relleno con material filtro	6,55 m ³	491,16	3218,17
Acero	1.515,89 kg	18,63	28241,03
Concreto	14,88 m ³	2418,91	35993,38
Estructura tanque	1	146181,14	146181,14

australiano

TOTAL	214482,99
--------------	------------------

Fuente del precio unitario: ARMCO de Vzla. de fecha: 29 de septiembre de 2011

Tabla 7.5. Presupuesto tanque almacenamiento para riego.

Tanque almacenamiento para riego			
Descripción	Cantidad	Precio Unitario	Precio total
		Bs.	Bs.
Compactación	17,60 m ³	122,55	2157,16
Relleno con material filtro	17,31 m ³	491,16	8501,98
Acero	3.741,82 kg	18,63	69710,11
Concreto	38,78 m ³	2418,91	93796,86
Estructura tanque australiano	1	132129,11	132129,11
TOTAL			306295,22

Fuente del precio unitario: ARMCO de Vzla. de fecha: 29 de septiembre de 2011

Tabla 7.6. Cuadro resumen de inversión inicial

SISTEMA DE RIEGO "LAS PALMITAS"		
Descripción	Cantidad	Precio Total (Bs)

Obra de captación	1	29733,22
Desarenador	1	9993,62
Aducción	Varios	210806,12
Tanque para agua potable	1	214482,99
Tanque para agua riego	1	306295,22
	<i>Sub-total</i>	<i>771.311,17</i>
	<i>I.V.A. (12%)</i>	<i>92.557,34</i>
	<i>Sub-total + I.V.A.</i>	<i>863.868,51</i>
	<i>Imprevistos (15%)</i>	<i>129.580,28</i>
	<i>Total Bs</i>	<i>993.448,79</i>
	<i>Total US \$</i>	<i>231.034,60</i>

CAPITULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

- En vista del bajo caudal circulante por la fuente en época de estiaje, el cual registra caudales de 6,78 l/s, se diseñó un sistema que permita la captación de un gasto que respete el debido caudal ecológico y cuyo principal uso sea el de abastecimiento doméstico el cual representa la primera prioridad en el uso del agua.
- La poca disponibilidad de agua existente limita fuertemente el desarrollo agrícola bajo riego. Se determinó que con el caudal disponible para riego se podrían beneficiar una superficie máxima de alrededor de 9 hectáreas, lo cual representa una superficie muy reducida tomando en cuenta el área agrícola disponible.
- El estado actual de las obras necesarias para la captación, aducción y almacenamiento, quedo evidenciado en el diagnostico realizado a los componentes que conforman dicho sistema actual, en el cual la naturaleza rudimentaria y carente de criterios técnicos de diseño, así como la caducidad de su estado de vida son los el fundamento para el rediseño de los mismos.
- En la derivación del caudal se seleccionó una obra de toma ubicada en una sección de la quebrada considerada como la más óptima, considerando criterios de seguridad y economía tanto en su construcción, mantenimiento y permanencia en el tiempo. La obra de toma permite captar un caudal de 5 l/s, en beneficio de la población. La obra de toma propuesta viene a reemplazar la existente, esto debido a las problemáticas actuales en la derivación como consecuencia de métodos de captación sin criterios técnicos de diseño.
- En cuanto a la obra de aducción, se diseño el uso de tuberías P.E.A.D. con diámetros de 2" y 3", las cuales cuentan con un desarenador en un punto intermedio de su recorrido, la cual funciona a su vez como tanquilla rompecarga y permite disminuir los costos de la inversión inicial. Las tuberías de aducción entregan el caudal derivado a obras de almacenamiento.

8.2. Recomendaciones.

- Se debe realizar un estudio de impacto ambiental, pudiéndose obtener así información básica donde se puedan determinar los beneficios y los contras de este proyecto y así poder garantizar la relación existente entre la fuerza productiva y el ecosistema de la zona de influencia del proyecto.
- Se debe llevar a cabo un registro de duración de caudales a fin de determinar con exactitud los caudales de crecida, de estiaje y medios, a fin de garantizar la estabilidad estructural de la obra de captación y asegurar a su vez la captación del gasto requerido en épocas de sequía.
- Se hace necesario que se elabore en una etapa siguiente, el diseño hidráulico de la distribución, a nivel de cada sector, realizando el trazado de las líneas de conducción hacia cada uno de estos sectores que se estarán beneficiando.
- Realizar el análisis financiero a través de parámetros indicadores como son V.A.N., T.I.R. y relación B/C para evaluar la factibilidad de construir una aducción para derivar agua con fines de riego, tomando en cuenta el limitado número de hectáreas que se pueden regar.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- AROCHA, S. 1980. Abastecimiento de agua. Ediciones Vega.
- CASTAÑON, G. 2000. Ingeniería del riego. Ediciones Parainfo. Madrid – España.
- CHOW, MAIDMENT Y MAYS. 1994. Hidrología Aplicada. 1º Edición. Bogotá: Editorial McGraw Hill.
- FAO. 2011. Descubrir el potencial de agua para la agricultura. Roma – Italia.
- GRAJALES. 2000. Tipos de investigación. Artículo en línea, disponible en: <http://tgrajales.net/investipos.pdf>
- GRASSI. 1981. Métodos de riego. CIDIAT. Mérida – Venezuela.
- GRASSI. 1984. Operación y conservación de sistemas de riego. Material de enseñanza. CIDIAT. Mérida – Venezuela.
- GRASSI. 1998. Fundamentos de riego. CIDIAT. Mérida – Venezuela.
- GUROVICH, L. 1985. Fundamentos y diseños de sistemas de riego. IICA. San José – Costa Rica.
- HERNANDEZ, O. 1992. Manual de riego por aspersión. UCV. Caracas – Venezuela.
- JIMENEZ FERNANDEZ. 1983. Población y muestra. El muestreo. Pedagogía experimental II. Tomo I. UNED. Madrid.
- MORAN. 2003. Hidrología para estudiantes de ingeniería civil. CONCYTEC. Lima – Perú.
- NAMAKFOROOSH. 2001. Metodología de la investigación. 2º edición. México: Limusa.
- ORTIZ Y GARCIA. 2000. Metodología de la investigación. 1º edición. México: Limusa.
- REBOUR y DELOYE. 1971. El riego. 2º edición. Mundi-Prensa: Madrid, España.