

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL  
DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA



TRABAJO DE GRADO

**“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL  
CANTÓN ANCHICO, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE SAN  
MIGUEL”.**

**PRESENTADO POR**

CRUZ PEÑA JAVIER HUMBERTO  
MEJIA HENRIQUEZ EFRAIN ALBERTO  
VILLEGAS ULLOA KATTY ELIZABETH

**PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO CIVIL**

**ASESOR**

ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS

CIUDAD UNIVERSITARIA ABRIL DE 2017.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**AUTORIDADES**

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS  
RECTOR

DR. MANUEL DE JESUS JOYA  
VICERRECTOR ACADEMICO

MAESTRO CRISTOBAL RIOS  
SECRETARIO GENERAL

LIC. DOUGLAS MELENDEZ  
FISCAL GENERAL

**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**

**AUTORIDADES**

ING. JOAQUIN ORLANDO MACHUCA  
DECANO

LIC. CARLOS ALEXANDER DIAZ  
VICEDECANO

LIC. JORGE ALBERTO ORTEZ HERNANDEZ  
SECRETARIO

ING. JUAN ANTONIO GRANILLO COREAS  
JEFE DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL**  
**DEPARTAMENTO DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA**

Trabajo de graduación previo al grado de:

**INGENIERO CIVIL**

Título:

**“EVALUACIÓN DE LA DISPONIBILIDAD DEL RECURSO HÍDRICO EN EL  
CANTÓN ANCHICO, MUNICIPIO DE SAN MIGUEL, DEPARTAMENTO DE SAN  
MIGUEL”.**

Presentado por:

**CRUZ PEÑA JAVIER HUMBERTO**  
**MEJIA HENRIQUEZ EFRAIN ALBERTO**  
**VILLEGAS ULLOA KATTY ELIZABETH**

Trabajo de Graduación Aprobado por:

Docente Director:

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

Coordinadora de Proyectos de Graduación:

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA**

SAN MIGUEL, ABRIL DE 2017

**Trabajo de Graduación aprobado por:**

Docente director:

**ING. GUILLERMO MOYA TURCIOS**

Coordinadora de Trabajo de Graduación:

**ING. MILAGRO DE MARIA ROMERO DE GARCIA**

## **DEDICATORIA**

A Dios por haberme dado la vida, la voluntad y la oportunidad de estudiar.

A mis padres por estar siempre a mi lado cuando más los necesito, en los buenos y malos momentos de mi corta vida, por mostrarme en cada momento su apoyo incondicional y el interés para que estudie y me desarrolle completamente en todos los aspectos de mi vida, ya que son para mí la base fundamental de mi vida, pues ellos han sabido guiarme, levantarme y sostenerme en todo el camino y poniéndome antes de sus compromisos personales, gracias por mostrarme que todo lo que me proponga lo puedo lograr que con un poco de esfuerzo nada es imposible, sin importar el tiempo y el espacio.

A mis hermanos por ser parte de mi vida por ayudarme a crecer y madurar junto con ellos.

Javier Humberto Cruz Peña

## **DEDICATORIA**

Agradecí a Dios en oración por bendecirme en cada etapa de mi formación profesional hasta lograr este triunfo tan anhelado.

A mi madre Miriam de Jesús Henríquez que ha estado conmigo apoyándome con sacrificios y dedicación forjándome con sus consejos y dándome el ánimo para siempre salir adelante hasta lograr la meta.

A mi futura esposa Sandra Yesenia Gómez Cruz, gracias por llegar a mi vida y formar parte de ella y estar conmigo en aquellos momentos donde necesitaba palabras que me impulsaran a seguir adelante.

A Maddai de Rodríguez y Francisco Menjivar, mis hermanos que me dieron su apoyo, sus consejos y que me han acompañado siempre y seguirán haciéndolo.

A mis amigos Dr. Daniel López y Dr. Ernesto Castro, por estar conmigo siempre dándome ánimos y aportar en mi vida para lograr este triunfo.

A mis compañeros de tesis por haber formado parte de este trabajo arduo y lograr juntos este triunfo.

Efraín Alberto Mejía Henríquez

## **DEDICATORIA**

Todo lo puedo en Cristo que me fortalece; por esa razón le agradezco de corazón me permitió vivir este momento, después de muchas batallas entre risas y llantos logre con paciencia y perseverancia mi objetivo.

Mi papá José Adalberto (Q.D.D.G.) a quien mantengo presente cada momento de desmayo para seguir luchando, así formarme personal y académicamente.

A mi mamá Beralicia, mujer con carácter por ayudarme a formar mi carácter con humildad y rectitud.

Liliana y Luis, mis hermanos los cuales me brindan su apoyo moral y comprensión en cada momento.

Y los especiales porque cada día están presente; mis amigos y amigas que de alguna manera me apoyan con sus buenos y malos consejos para vivir el día a día en esta aventura llamada vida..... Gracias Totales.

En memoria de Consuelo Gómez de Ulloa; mujer, esposa y madre quien me dijo esperaba verme cumplir mi meta, y lo hará desde lo alto del cielo en compañía de mi Tío Elías.

Katty Elizabeth Villegas Ulloa.

## **AGRADECIMIENTOS**

El grupo de trabajo de graduación agradece a:

Agradecimientos especiales a nuestro asesor Ing. Guillermo Moya Turcios por habernos guiado en nuestras dudas o ideas para el desarrollo de nuestro trabajo de graduación así como también dar soporte al solicitar ayuda en otras instituciones.

A nuestro jurado calificador Ing. David Arnoldo Chávez e Ing. Luis Clayton Martínez, por habernos aportado sus conocimientos y su ayuda para mejorar nuestro desempeño en la realización de nuestro trabajo de graduación.

Al señor José Carlos Alemán, habitante del Cantón Anchico del Municipio de San Miguel quien fue guía de nuestro grupo en el censo de pozos artesanales y toma de datos principales de la ecuación del Balance Hídrico.

Msc. Milagro de María Romero de García por el apoyo brindado para coordinar y realizar trámites para desarrollar de manera objetiva nuestro trabajo de graduación.

## CONTENIDO

RESUMEN.....	1
CAPITULO I .....	2
1.1 GENERALIDADES.....	3
1.1.1 Enunciado del problema .....	4
1.2 JUSTIFICACIÓN .....	5
1.3 OBJETIVOS .....	8
1.3.1 Objetivo General.....	8
1.3.2 Objetivos Específicos.....	8
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES .....	9
1.4.1 Alcances .....	9
1.4.2 Limitaciones.....	9
1.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN .....	10
1.5.1 Ubicación del área de estudio.....	10
1.5.2 Tipo de investigación .....	10
1.5.3 Descripción de variables .....	11
1.5.4 Técnicas de recopilación de datos.....	12
1.5.5 Procesamiento de datos .....	15
1.5.6 Presentación de los datos.....	15
1.5.7 Análisis de resultados .....	15
CAPITULO II .....	16
MARCO REFERENCIAL.....	16
2.1 MARCO TEORICO .....	17
2.2 CICLO HIDROLÓGICO.....	17
2.3 BALANCE HÍDRICO .....	18
2.4 ECUACIÓN GENERAL DEL BALANCE HÍDRICO .....	20
2.5 PARAMETROS DEL BALANCE HÍDRICO .....	22
2.5.1 Precipitación .....	22
2.5.2 Evapotranspiración .....	24
2.5.2.1 Evapotranspiración de Referencia .....	25
2.5.2.2 Evapotranspiración de Cultivo, Necesidades hídricas de las plantas y su incidencia en la conservación o pérdida de agua en el suelo.....	26
2.5.2.3 Evapotranspiración Real, Capacidad de Agua Disponible .....	27

2.5.3 Cambios de Almacenamiento .....	28
2.5.4 Infiltración .....	29
2.5.5 Escurrimiento superficial.....	32
2.5.6 Demanda Interna .....	36
2.6 MARCO LEGAL .....	37
CAPITULO III .....	43
DIAGNOSTICO DE LA ZONA HIDROGRAFICA.....	43
3.1 DIAGNOSTICO DE LA ZONA HIDROGRAFICA DEL CANTON ANCHICO	44
3.2 ANALISIS FISICO .....	44
3.3 SITUACION SOCIOECONOMICA DEL CANTON ANCHICO .....	55
3.4 SITUACION AMBIENTAL DEL CANTON ANCHICO .....	66
3.5 SITUACION ESPECÍFICA DEL RECURSO HIDRICO .....	67
3.5.1 Principales problemas en zona hidrográfica. ....	68
CAPITULO IV .....	75
BALANCE HIDRICO .....	75
4.1 ESQUEMA DEL BALANCE HIDRICO ELABORADO EN LA ZONA DE ESTUDIO .....	76
Este modelo representativo es tomado por el modelo que utiliza el Ministerio de .....	76
4.2 RESULTADOS DEL BALANCE HIDRICO .....	76
4.2.1 PARÁMETROS DE ENTRADA.....	76
4.2.1.1 Precipitación.....	76
4.2.2 PARÁMETROS DE SALIDA .....	83
4.2.2.1 Filtración.....	83
4.2.2.2 Evapotranspiración.....	89
4.2.2.2.1 Evapotranspiración de referencia.....	89
4.2.2.2.2 Evapotranspiración de cultivo.....	89
4.2.2.2.3 Evapotranspiración real.....	90
4.3 BALANCE HIDRICO .....	91
CAPITULO V .....	93
ANALISIS DE RESULTADOS .....	93
5.1 ANÁLISIS DEL BALANCE HÍDRICO .....	94
5.2.1 Volumen producido mediante pozos artesanales.....	95

5.2.2 Demanda de agua .....	98
5.3 COMPARACION DE LA DEMANDA DE AGUA CON LA PRODUCIDA POR LOS POZOS ARTESANALES. ....	99
5.4 BALANCE HÍDRICO Y EL CAUDAL .....	103
CAPITULO VI.....	107
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	107
6.1 CONCLUSIONES. ....	108
6.2 RECOMENDACIONES.....	110
BIBLIOGRAFIA .....	111
ANEXOS .....	115
Anexo 1.....	126
Anexo 2.....	134
Anexo 3.....	137
Anexo 4.....	141
Anexo 5.....	142

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables principales del balance hídrico y variables principales para medir la disponibilidad de agua. ....	11
Tabla 2. Comparación de Coeficientes de Cultivo para diferentes tipos de especies vegetales. ....	27
Tabla 3. Factor K de corrección según profundidad del río. ....	34
Tabla 4. Áreas según tipo de suelo. ....	47
Tabla 5. Áreas totales según el uso del suelo. ....	49
Tabla 6. Nombres comunes y científicos de diversas plantas del Cantón Anchico. ....	51
. Tabla 7. Enfermedades más comunes en los habitantes del Cantón Anchico. ....	62
Tabla 8. Análisis de los principales problemas ambientales de la zona hidrográfica del Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, El Salvador. ....	71
Tabla 9. Análisis de los principales problemas socioeconómicos, subcuenca del Río Huiscoyol de Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, El Salvador. ....	73
Tabla 10. Ubicación geográfica de estaciones meteorológicas. ....	79
Tabla 11. Precipitaciones acumuladas de los primeros 9 meses del año captadas en el Cantón Anchico y la Ciudad de San Miguel. ....	81
Tabla 12. Comparativo de las precipitaciones acumuladas. ....	83
Tabla 13. Resumen de los resultados de pruebas de permeabilidad por el método del método Porchet. ....	84
Tabla 14. Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000). ....	86
Tabla 15. Valores de infiltración medidos para cada mes, desde enero hasta septiembre. ....	88
Tabla 16. Valores de evapotranspiración proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente Y Recursos Naturales. ....	89
Tabla 17. Cálculos utilizando coeficiente de cultivos de la tabla 2. ....	90
Tabla 18. Valores de evapotranspiración obtenidos utilizando la Ec. 4. ....	91
Tabla 19. Datos obtenidos para el cálculo del Balance Hídrico de 9 meses en el año 2016. ....	91
Tabla 20. Cantidad de agua producida por pozos artesanales por trimestre. ....	95
Tabla 21. Agua extraída para la irrigación de caña de azúcar para un área de 70 manzanas (49 Ha). ....	97
Tabla 22. Agua utilizada por la población por trimestre. ....	98
Tabla 23. Tabla de los promedios mensuales de volúmenes producidos y los volúmenes extraídos. ....	101
Tabla 24. Caudal de los 9 meses del 2016 en el Río Huiscoyol. ....	106

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Condición del Cantón Anchico por falta de lluvia año 2015. ....	6
Figura 2. Pozo artesanal con 9 metros de profundidad ubicado en el interior de una casa habitacional.....	7
Figura 3. Ubicación geográfica del Cantón Anchico y sus colindantes. ....	10
Figura 4. A) Depósito de uso domiciliario, B) Depósito para el ganado. ....	13
Figura 5. Toma de datos de la profundidad del nivel freático.....	14
Figura 6. Esquema ilustrativo del ciclo hidrológico.....	18
Figura 7. Pluviómetros de la Estación Meteorológica del MARN ubicada en la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.....	23
Figura 8. Esquema del proceso de construcción del método Porchet.....	30
Figura 9. Medidas de la velocidad superficial de la corriente .....	34
Figura 10. Forma para dividir la sección transversal de un riachuelo.....	35
Figura 11. Vista transversal de la división para el aforo por medio de flotadores..	36
Figura 12. Curvas de nivel representando zona más alta, media y baja del Cantón Anchico. ....	45
Figura 13. Entrada y salida del Río Huiscoyol a la zona de estudio según la dirección del caudal que es de norte a sur.....	46
Figura 14. Tipos de Suelos y su ubicación en la zona hidrográfica.....	47
Figura 15. Vista superior y vista inferior de las condiciones del suelo debido a la extrema sequía año 2016.....	48
Figura 16. Mapa esquemático sin escala de los usos del suelo.....	49
Figura 17. (A) Conacaste Blanco, (B) Eucalipto, (C) Mango, (D) Cutuco. ....	52
Figura 18. (A) Garrobo, (B) Lagartija.....	53
Figura 19. A la izquierda Zanate y A la derecha Paloma de ala blanca. ....	54
Figura 20. Una de las fuentes de ingreso económico en el centro del Cantón Anchico. ....	57
Figura 21. Pozo artesanal con un sistema de extracción de agua por medio de bomba interna y tubería de PVC. ....	64
Figura 22. Ubicación de las fuentes de agua (pozos) del Cantón Anchico. ....	65
Figura 23. Cultivo de maíz en época de invierno septiembre 2016.....	67
Figura 24. Esquematización del Balance Hídrico.....	76
Figura 25. Precipitaciones Anuales de la Estación Geográfica San Miguel. ....	77
Figura 26. Estaciones a 12.3 km de distancia en línea recta. ....	78
Figura 27. Gráfico de las precipitaciones recolectadas por la estación ubicada en el Cantón Anchico y la estación para el departamento de San Miguel.....	80
Figura 28. Comportamiento de precipitaciones según estación del Cantón Anchico. ....	82
Figura 29. Perforación de agujero para implementación del método Porchet.....	83
Figura 30. Caña de azúcar en su desarrollo medio (principios de agosto de 2016). ....	96
Figura 31. Planta donde se extrae el agua para riego de caña de azúcar con un caudal de 900 gpm.....	97

Figura 32. Parte de la tubería (6´´) utilizada para el transporte del agua a toda el área donde se siembra la caña de azúcar. ....	97
Figura 33. Porcentaje de agua para la población y porcentaje de agua para uso agroindustrial.....	98
Figura 34. Comparativo de Volúmenes Producidos por los pozos artesanales con Volúmenes Extraídos por los habitantes del Cantón Anchico. ....	100
Figura 35. Volúmenes de agua según ubicación de pozos artesanales en la zona de estudio.....	102
Figura 36. Ubicación de las zonas según la elevación de los pozos artesanales. ....	103
Figura 37. Época Seca.....	104
Figura 38. Época húmeda .....	105
Figura 39. Aforo por medio del método de flotadores. ....	106

## **RESUMEN**

El balance hídrico en El Salvador está siendo fuertemente afectado debido principalmente a la actividad humana, a nivel local y al cambio climático a nivel global; interfiriendo cada vez más en el equilibrio del sistema y factores que generan la disponibilidad de agua en los mantos acuíferos.

Esto también genera un impacto en las condiciones medio ambientales de los diversos ecosistemas existentes en la zona del Cantón Anchico, así como también cambios críticos en las diversas actividades humanas que involucran el consumo y utilización del recurso hídrico, las cuales se ven limitadas debido a la cantidad de agua disponible para los diversos usos locales.

En esta tesis se abordó la problemática causada por la sequía en el Cantón Anchico, evaluando el problema por medio de un balance hídrico e integrando una metodología que permita su desarrollo y fundamentada con un marco teórico y legal.

Se realizó un diagnóstico de los diferentes problemas ambientales y socioeconómicos de la comunidad, un inventario de las fuentes de abastecimiento de agua y la recolección de los parámetros del balance hídrico.

Generando el balance hídrico se tomó la información resultante para hacer un análisis sobre el estado actual de dicha zona y conocer la disponibilidad de agua.

Tomando en cuenta la importancia del desarrollo de esta tesis se elaboró una guía para que la comunidad sea capaz de generar el balance hídrico y así darle continuidad y llevar un control de la disponibilidad del agua.

# **CAPITULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

## 1.1 GENERALIDADES

El cambio climático que ha tomado fuerza con el paso de los años hace que las precipitaciones sean cada vez más escasas y que se concentren en periodos irregulares entre los meses de abril a octubre (Informe del MARN de precipitaciones en el año 2012 y sobre sequía hidrológica 2015), por lo que en muchas ocasiones las actividades agrícolas que se realizan a nivel Nacional son afectadas por la insuficiente agua para su riego, así como también es afectada la sociedad para sus actividades en general (comercio, domesticas, consumo e higiene).

No se puede hablar de que estamos en escasez hídrica, pero ciertamente la población (en general) se ve afectada grandemente por la sequía y eso se refleja con las pérdidas económicas que se manifiestan por problemas en sus cultivos (comunicado publicado en el diario de hoy el miércoles 9 de septiembre de 2015), perdidas con su ganado y la falta del vital líquido para el uso doméstico.

Al hablar de esta problemática nos dirigimos hacia el Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, una extensión geográfica de 15.74 Km<sup>2</sup>, golpeada por la sequía, las condiciones de la zona son precarias y debido a la sequía vivida en el año 2015 las pérdidas y necesidades que dependen del agua han resaltado en gran manera. Anchico es un cantón que cuenta con una escuela que brinda educación a 165 alumnos desde niveles de kínder hasta noveno grado, lastimosamente no cuentan con un centro de salud pero si con una promotora que brinda apoyo en esta área, de igual manera proporciona a los niños de la escuela medicamentos para sus necesidades y a sus demás pobladores.

Las actividades económicas son la ganadería y siembra de cereales, siendo este último el más fuertes. La mayoría de los pobladores cuenta con pozos artesanales de dónde sacan el 98% del agua para sus actividades cotidianas además de regar sus cultivos y darle al ganado, el nivel de agua de estos pozos ha venido siendo afectado por las faltas de lluvia, cabe mencionar que en muchas ocasiones los pobladores tienen que pagar para que alguien ingrese al pozo y excave así de esta manera poder encontrar agua nuevamente.

La sub-cuenca del Río Huiscoyol es el que tiene recorrido a través del Cantón Anchico, el nivel de agua que contiene es insuficiente para abastecer o ayudar a toda la comunidad

### **1.1.1 Enunciado del problema**

El principal problema que se presenta en el Cantón Anchico se debe a la sequía, y esto afecta la cantidad de agua requerida por los habitantes ya que el Río Huiscoyol (sub-cuenca del Rio Grande) y la mayoría de los pozos artesanales no están en la capacidad de abastecer a la población para sus actividades comerciales y domesticas respectivamente.

No se cuenta con un balance hídrico en el área de estudio, esto evita cualquier tipo de control y conocimiento sobre la producción hídrica.

En consecuencia, surge la interrogante a determinar: ¿Cuál es la distribución y cantidad del recurso hídrico que se genera en el Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel?

## 1.2 JUSTIFICACIÓN

Los motivos que llevan a realizar la investigación en la temática se debe a los cambios que se han mostrado en el país con la demanda del recurso hídrico, esto debido a la presión humana agravando la situación significativamente. El cambio climático ha venido a afectar más fuerte la demanda del agua y por consiguiente su disponibilidad (informe del MARN sobre la sequía hidrológica de mayo-agosto de 2015).

Según la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) para satisfacer las necesidades básicas se requieren 4,000 mm de agua por habitante al año, y un mínimo de 1,700 mm, que es el umbral del denominado déficit hídrico. La escasez de agua es un concepto relativo y dinámico, y puede aparecer a cualquier nivel de suministro o demanda, pero también es una construcción social: todas sus causas están relacionadas con la intervención humana en el ciclo del agua. Cambia con el tiempo a consecuencia de la variabilidad hidrológica natural, pero varía aún más en función de los modelos existentes de gestión, planificación y política económica. Cabe esperar que la escasez de agua se intensifique con casi todas las formas de desarrollo económico, pero si se identifican correctamente, muchas de sus causas pueden anticiparse, evitarse o mitigarse.

Los tres aspectos principales que caracterizan la escasez de agua son: la falta física de agua disponible para satisfacer la demanda; el nivel de desarrollo de las infraestructuras que controlan el almacenamiento, distribución y acceso; y la capacidad institucional para aportar los servicios de agua necesarios.

En pocas palabras, la escasez de agua tiene lugar cuando la demanda supera el suministro de agua dulce en un área determinada.

Escasez de agua = un exceso de demanda de agua para el suministro disponible

Si bien es cierto las precipitaciones han llegado al país anualmente, pero las cantidades no excedieron los 2000 mm de lluvia en los años de 2010 a 2015 (informes del MARN del año 2010 al 2015), es por eso que en este intervalo de años se ha estado en el denominado umbral del déficit hídrico según la FAO. Por

esta razón se da la necesidad de realizar un balance hídrico en el Cantón Anchico, ya que no se han realizado estudios de este tipo en la zona para obtener la disponibilidad hídrica real.

La producción de maíz ha bajado considerablemente en la zona y por consiguiente las personas se quedan sin empleo. Las personas dedicadas a la crianza de ganado para el comercio también corren con los problemas ya que se tiene que racionar el agua porque que deben dejar un porcentaje para el consumo en la vivienda y el consumo de ganado.

Existen personas en ciertos sectores que tienen que caminar kilómetros para conseguir el vital líquido, ya que en sus propiedades se han excavado pozos pero el resultado no es el esperado, dichos pozos producen volúmenes de agua extremadamente pequeños.



Figura 1. Condición del Cantón Anchico por falta de lluvia año 2015.



Figura 2. Pozo artesanal con 9 metros de profundidad ubicado en el interior de una casa habitacional.

## **1.3 OBJETIVOS**

### **1.3.1 Objetivo General**

- Determinar la distribución y cantidad del recurso hídrico del Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel por medio del balance hídrico.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Determinar los parámetros de la ecuación del balance hídrico: precipitación, evapotranspiración e infiltración.
- Medir el caudal de la sub-cuenca del Río Huiscoyol del Cantón Anchico.
- Obtener una muestra de pozos y medir sus cambios de volumen de acuerdo a la demanda de agua en cada vivienda.
- Elaborar una guía metodológica para evaluar la disponibilidad del recurso hídrico a nivel comunitario.

## **1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES**

### **1.4.1 Alcances**

- Cuantificar la disponibilidad del recurso hídrico en el periodo de enero a septiembre del año 2016.
- Se medirá la capacidad de filtración por medio de ensayos de permeabilidad usando el método de Porchet.
- Elaborar un mapa que permita conocer la ubicación (coordenadas) del muestreo de pozos en la zona.
- La guía proveerá la metodología práctica para evaluar la disponibilidad del recurso hídrico con enfoque participativo.

### **1.4.2 Limitaciones**

- En la evaluación se restringirá la calidad del agua debido a la falta de recurso económico para adquirir los reactivos y realizar dicha prueba.
- Para los ensayos de permeabilidad se contarán con 4 pruebas de infiltración.
- Debido a la inseguridad que vive el país se tomarán las mediciones correspondientes a cambios de volúmenes de agua a 100 pozos de 268 que existen en la zona.
- En la presencia de pocos actores institucionales en el Cantón Anchico, la guía será a nivel comunitario ya que solo se cuenta con una Asociación para el Desarrollo Comunitario.

## 1.5 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

### 1.5.1 Ubicación del área de estudio

El estudio se realizara en la extensión territorial del Cantón Anchico del Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, El Salvador.

Siendo las coordenadas geográficas para el Cantón Anchico las siguientes:

Al sur de la sub-cuenca del Río Huiscoyol  $13^{\circ}25'40.4832''$  latitud norte,  $88^{\circ}3'31.7304''$  longitud oeste, al norte de la sub-cuenca  $13^{\circ}26'26.2752''$  latitud norte,  $88^{\circ}2'32.7624''$  longitud oeste, limita al norte con Uluzapa, al este con Yayantique y San Antonio Silva, al sur con Miraflores y al oeste con Cerro Bonito.

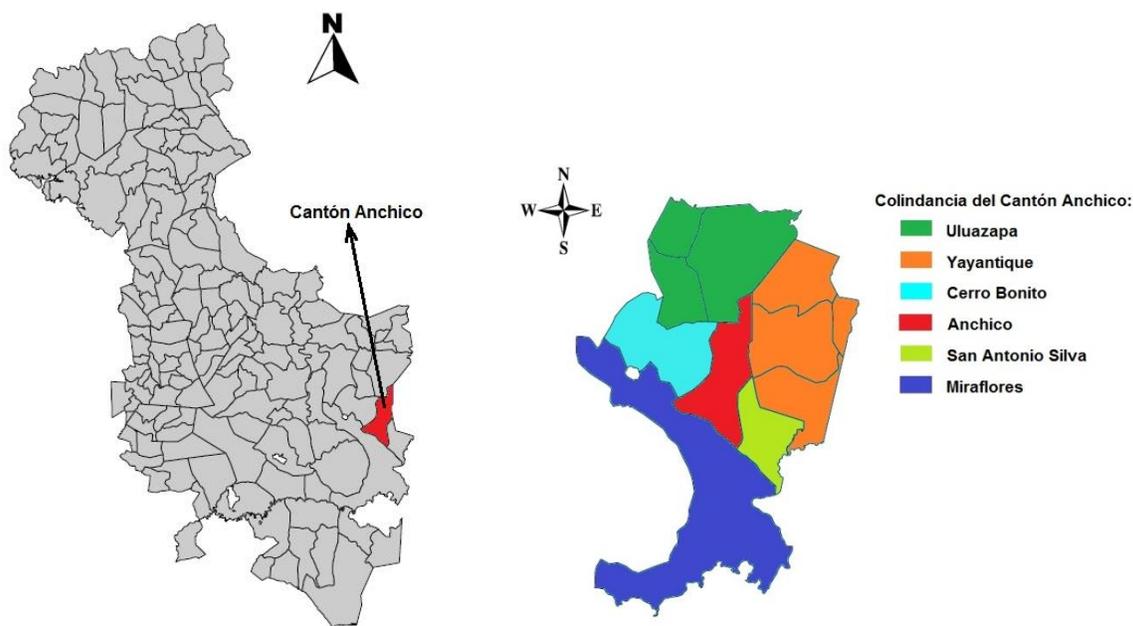


Figura 3. Ubicación geográfica del Cantón Anchico y sus colindantes.

### 1.5.2 Tipo de investigación

La investigación se basa en la forma descriptiva y fase de campo para obtener todos los valores descritos en la tabla 1 en un periodo de nueve meses para su posterior análisis.

### 1.5.3 Descripción de variables

La tabla 1 muestra las variables que se medirán con las cuales se realizara el balance hídrico con su respectiva operacionalidad, las unidades con las que se trabajara, un indicador que describe el signo en la ecuación del balance hídrico y la fuente de donde se sustrajo dicha información, además los parámetros para el respectivo análisis de la disponibilidad del recurso hídrico en la zona de estudio.

Nombre de la variable	Definición operativa	Indicador	Fuente de recopilación de información	Unidad
Precipitación	Medir la Cantidad de agua que llega a la zona por medio de la lluvia	Entradas	Pluviómetro ubicado en la zona de estudio	mm
Evapotranspiración (real, referencia y cultivo)	Medir la evaporación en zonas cubiertas por vegetales debido a la transpiración de estos.	Salidas	Ecuaciones que relacionan variables para que suceda la evapotranspiración	mm/mes
Infiltración	Conocer la capacidad del suelo para filtrar el agua	Salida	Ensayo de permeabilidad (Porchet)	mm/mes
Caudal	Cantidad de agua que entra a la zona por medio de la sub-cuenca Río Huiscoyol	Disponibilidad	Aforo en la sub-cuenca	m <sup>3</sup> /s
Demanda de agua	Medición de los volúmenes de agua que se utiliza por vivienda	Disponibilidad	Trabajo investigativo de campo	m <sup>3</sup>
Cambios de almacenamiento	Variaciones del volumen de agua en cada pazo	Disponibilidad	Trabajo investigativo de campo	m <sup>3</sup>

*Tabla 1. Variables principales del balance hídrico y variables principales para medir la disponibilidad de agua.*

#### 1.5.4 Técnicas de recopilación de datos

- **Precipitación**

Para la recolección de los valores de precipitación se contara con un pluviómetro ubicado en la zona de estudio el cual pertenece al Ingenio Chaparrastique. Con los datos obtenidos de lluvia se utilizará el promedio aritmético mensual.

- **Evapotranspiración**

Para la evapotranspiración se tomara en cuenta tres tipos:

1. Evapotranspiración de Referencia
2. Evapotranspiración de Cultivo
3. Evapotranspiración Real

- ✓ Para la evapotranspiración de referencia se obtuvieron los datos por medio del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- ✓ Debido a la demanda en el área agrícola en el Cantón Anchico (caña de azúcar, maíz y maicillo) se tomara una ecuación (ver Ec. 3) que relaciona los valores de la evapotranspiración de referencia con un coeficiente de cultivo  $K_c$  y así obtener la evaporación de cultivo.
- ✓ De igual manera para obtener los valores de evapotranspiración real se tomara una herramienta matemática (ver Ec. 4).

- **Caudal**

Para obtener el caudal de la zona de estudio se empleara el método de aforo con flotadores.

- **Demanda de agua**

Para conocer la demanda de agua por cada vivienda se hizo el conteo de los depósitos que usan las personas para almacenar agua y sus dimensiones (pilas, tanques, recipientes de todo tipo y medida) ya sea para uso doméstico, personal y para el ganado y riego de cultivo, de esta manera se obtiene el volumen de agua que se utiliza a diario en cada vivienda y así hacer un suma global por todas las viviendas en la zona.



A)



B)

Figura 4. A) Depósito de uso domiciliario, B) Depósito para el ganado.

- **Producción de pozos**

Los pozos sufren cambios del volumen de agua debido a la demanda de cada vivienda, para conocer este dato se procederá a conocer la altura (h) del agua que contiene cada pozo esta actividad se hará diaria para conocer como varia esta altura para completar esta actividad se procederá a tomar las dimensiones de cada pozo y así poder calcular el volumen de agua.



Figura 5. Toma de datos de la profundidad del nivel freático.

- **Infiltración**

Para la medición de la infiltración se utilizara el método de Porchet que consiste en excavar un agujero de radio  $R$  y altura  $H$ , se deposita agua en su interior a una altura  $h$  dejando un espacio del nivel del terreno natural a la película de agua, se deposita una pequeña capa de grava para evitar que al depositar el agua dentro dañe la superficie del fondo del agujero, luego se

controla el tiempo que transcurre entre dos elevaciones de agua en el interior del hueco.

### **1.5.5 Procesamiento de datos**

Para el procesamiento de los datos obtenidos mediante las técnicas dichas en el apartado anterior se empleara el proceso estadístico con el software Excel de valores acumulados, medios y promedios mensuales de todos los parámetros medidos. Con el fin de darle continuidad al procesamiento de estos datos se elaborara una guía comunitaria con el fin que se hagan evaluaciones de la disponibilidad hídrica cada año.

### **1.5.6 Presentación de los datos**

La presentación de los datos se hará por medio de tablas las cuales obtendrán toda la información obtenida de manera que en ellas se refleje un orden sistemático de las mediciones. También se emplearan gráficos para representar dichos valores y emplearlos para su respectivo análisis. La guía se presentara como un manual donde se explique paso a paso los procedimientos a seguir para las evoluciones anuales de la disponibilidad hídrica.

### **1.5.7 Análisis de resultados**

El análisis de los resultados se hará mediante la implementación de la ecuación del balance hídrico introduciendo en ella los valores de entrada y salida del recurso hídrico en la zona de estudio que se obtuvieron gracias a las técnicas empleadas, al procesamiento de estos datos; y así representándolos mediante tablas y gráficos. Se extraerán los valores que se introducirán en la fórmula del balance hídrico para obtener un valor que permita evaluar la disponibilidad de agua en la zona de estudio.

Con el valor obtenido del balance hídrico se analizaran las demandas de agua en la zona y la producción de sus pozos.

# **CAPITULO II**

## **MARCO REFERENCIAL**

## **2.1 MARCO TEORICO**

### **2.2 CICLO HIDROLÓGICO**

El ciclo hidrológico comprende una serie de procesos continuos e interdependientes, de movimiento y transferencia de agua en la tierra, el océano, cuerpos de agua y en la atmósfera.

Por ser un ciclo, no tiene punto de partida, sin embargo para explicarlo, se puede comenzar por la evaporación que se produce en el océano, en lagos, embalses, y todo tipo de cuerpos de agua, y la evapotranspiración de las plantas, la cual es la combinación del agua que se pierde por evaporación en el suelo y transpiración en el material vegetal. Esta evaporación y evapotranspiración, son producidas por la energía suministrada por el sol e influenciadas por las condiciones climáticas e hídricas de temperatura, radiación, viento y humedad. De esta forma, el agua cambia de un estado líquido a un estado gaseoso.

El agua en forma de vapor pasa a la atmósfera, y en este ascenso, pierde calor y se produce el proceso de condensación alrededor de núcleos de condensación (los cuales pueden ser partículas de polvo que flotan en el aire), creando pequeñas gotas de agua. Estas pequeñas gotas de agua, crean nubes, y en su circulación se van uniendo entre ellas, creando gotas más grandes, las cuales por su peso, se precipitan finalmente en forma de lluvia (nieve o granizo).

Parte de la precipitación es interceptada por la vegetación, otra parte cae al suelo y dependiendo de las condiciones de cobertura del suelo, del tipo de suelo y de la pendiente del terreno, esta agua puede quedar estancada, escurrir superficialmente o infiltrarse.

El agua que escurre superficialmente corre hacia los cuerpos de agua y finalmente al mar. Una parte del agua que se infiltra es retenida por el suelo, cuya capacidad de retención depende de su textura y estructura (porosidad); otra parte del agua infiltrada se convierte también en escorrentía superficial al ser saturada la capacidad de almacenamiento en el suelo; otra parte se convierte en flujo sub-superficial, y por ultimo otra parte percola, hacia capas inferiores produciendo la

recarga de aguas subterráneas. El agua que se infiltra, viaja lentamente y llega a alimentar a ríos y manantiales, y finalmente al mar.

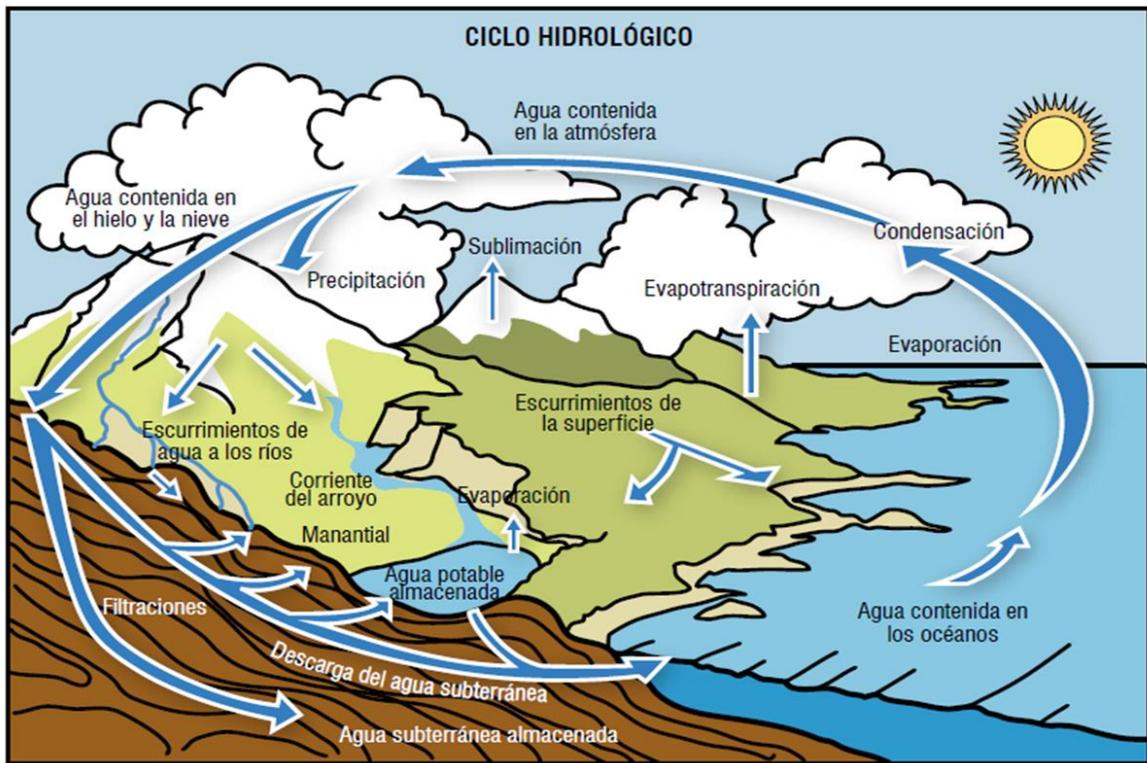


Figura 6. Esquema ilustrativo del ciclo hidrológico.

### 2.3 BALANCE HÍDRICO

Un balance hídrico es la cuantificación tanto de los parámetros involucrados en el ciclo hidrológico, como de los consumos de agua de los diferentes sectores de usuarios, en un área determinada, cuenca, y la interrelación entre ellos, dando como resultado un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en cuanto a su oferta, disponibilidad y demanda en dicha área. Dado que el Balance Hídrico presenta un diagnóstico de las condiciones reales del recurso hídrico en un área en particular, permite tomar medidas y establecer lineamientos y estrategias para su protección y utilización de una manera integrada, de tal forma que se garantice su disponibilidad tanto en cantidad como en calidad.

La evaluación de los recursos hídricos requiere una correcta estimación del balance hidrológico o de la repartición de la precipitación entre evapotranspiración, escorrentía e infiltración.

La ecuación de continuidad, o de balance hidrológico, es la ley más importante en Hidrología, y aunque su expresión es muy simple, la cuantificación de sus términos es normalmente complicada, principalmente por la falta de medidas directas y por la variación espacial de la evapotranspiración, de las pérdidas profundas (a acuíferos) y de las variaciones del agua almacenada en una cuenca. En respuesta a estas dificultades, generalmente se admiten dos asunciones, la primera supone que las pérdidas profundas son despreciables (se considera, por tanto, que la cuenca es impermeable), y la segunda admite que las variaciones del agua almacenada en la cuenca son despreciables para un período suficientemente largo (normalmente un año) (Faustino 2006).

El balance hídrico es una representación teórica de los intercambios de agua entre las plantas, el suelo y la atmósfera, este nos permite cuantificar los recursos hídricos a diferente escala como parcela, finca, cuenca, región y las modificaciones del mismo por influencia de las técnicas de manejo de la agricultura y de las actividades del hombre en general (Jiménez 2006).

El balance hídrico permite establecer en áreas determinadas las ganancias y pérdidas de agua, siendo su aplicación de enorme trascendencia en diferentes áreas (Jiménez 2006):

- El manejo del riego (dosis y frecuencias).
- La elaboración de calendarios agrícolas.
- Estimación de la pérdida de suelo (erosión) y nutrientes en el proceso de escorrentía superficial.
- Comparar la eficiencia en el uso de agua por diferentes combinaciones árbol-cultivo.
- La planificación y evaluación de los recursos hídricos de una cuenca, una región, una zona bajo riego, etc., así como las modificaciones por influencia de las actividades del hombre.

- La elaboración de zonificaciones climáticas y agroclimáticas.

La demanda de agua en cantidad y calidad está estrechamente relacionada con los usos que le deseamos dar, ya sea para satisfacer las necesidades básicas humanas (beber, lavar, cocinar) y garantizar la salud, necesidades de los ecosistemas, para la producción de alimentos (regadíos), para la industria, generación de energía, transporte, actividades recreativas, componente importante el proceso de desarrollo económico, social y ambiental.

El balance hidrológico nos proporciona información acerca de la oferta hídrica, es decir con cuanto disponemos de agua para las diversas actividades; mientras que la demanda hídrica está condicionada por el consumo en metros cúbicos necesarios para satisfacer los diferentes usos, esto nos dimensiona la importancia de contar con balance hídrico; ya que nos brinda los elementos precisos en la toma de decisiones en torno al aprovechamiento de los recursos hídricos de una forma racional y sostenible (Jiménez 2006).

## **2.4 ECUACIÓN GENERAL DEL BALANCE HÍDRICO**

El balance hídrico está sustentado en la aplicación del principio de conservación de masa, conocida como ecuación de la continuidad. Esta expresa la equivalencia entre los aportes de agua que entran al volumen de control y la cantidad de agua que sale considerando además las variaciones internas en el almacenamiento de humedad ocurrida durante un período de tiempo determinado (Faustino 2006).

El modelo de balance hídrico se basa en la ecuación de conservación de masa:

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \text{CAMBIO DE ALMACENAMIENTO} \quad \text{Ec. 1}$$

En el modelo del Balance Hídrico del MARN, considera las siguientes entradas:

- Precipitación,
- Importaciones superficiales de otra cuenca,

Las salidas consideradas son las siguientes:

- Evapotranspiración
- Evaporación de cuerpos de agua
- Escurrimiento superficial
- Demanda interna en la cuenca

Como Cambio de almacenamiento:

- Recarga de acuíferos,
- Variación de nivel en cuerpos de agua (lagos, lagunas, embalses, pozos)

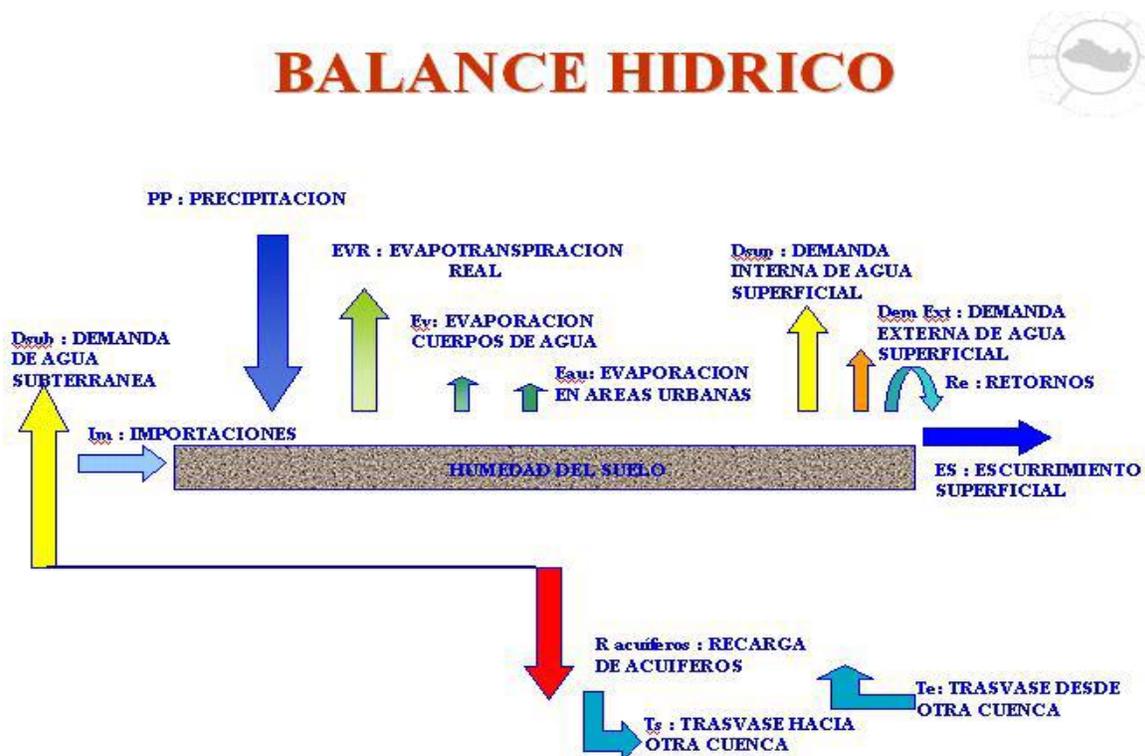


Figura 8. Esquema del modelo de Balance Hídrico analizado en el MARN.

El modelo empleado para realizar el balance hídrico en el Cantón Anchico se basa en los siguientes parámetros ya que los demás descritos por el modelo del MARN no están presentes en la zona de estudio:

### **Entradas**

- Precipitación

### **Salidas**

- Evapotranspiración
  - Potencial
  - De referencia
  - Real
- Filtración

## **2.5 PARAMETROS DEL BALANCE HÍDRICO**

### **2.5.1 Precipitación**

La precipitación constituye la principal entrada de agua dentro del Ciclo Hidrológico, y varía tanto espacial como temporalmente en una cuenca. Su medición se realiza a través de instrumentos llamados pluviómetros.



Figura 7. Pluviómetros de la Estación Meteorológica del MARN ubicada en la Universidad de El Salvador, Facultad Multidisciplinaria Oriental.

La información recolectada debe ser evaluada, para lo cual utilizaremos el método siguiente ya que las teorías con respecto al balance hídrico menciona varios métodos como el de la Curva doble masa, Polígono de Thiessen y el de las Isoyetas Thiessen, para el caso de la evolución usaremos el método del Promedio aritmético.

### **1. Promedio aritmético**

Consiste en obtener el promedio aritmético, de las precipitaciones focalizadas en una estación meteorológica cualquiera mediante el pluviómetro dentro o en las cercanías de la zona que se está estudiando.

La precipitación media (anual, mensual, semanal) se obtiene monitoreando las cantidades de lluvia por día, en un periodo de tiempo, y con estas cantidades se obtiene el valor de lluvia promedio:

$$P_{med} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n P_i \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

$P_{med}$ : precipitación media

$P_i$ : precipitaciones de la estación  $i$

$n$ : número de mediciones de la estación  $i$

### 2.5.2 Evapotranspiración

La mayor pérdida de agua en una zona hidrográfica, es generalmente debida a la evapotranspiración, la cual es la combinación de pérdida de agua por evaporación en el suelo y la transpiración de las plantas. Otra pérdida importante de agua en la cuenca es debida a la evaporación en cuerpos de agua y evaporación que se produce en áreas urbanas.

La evapotranspiración es la cantidad de agua que retorna a la atmósfera, tanto por transpiración de la vegetación como por evaporación del suelo. Su magnitud depende del agua realmente disponible, es decir la que el suelo ha logrado retener para el consumo de la vegetación, así como la que ha sido interceptada por ésta.

La determinación de este parámetro, es de difícil cuantificación, sobre todo por la ausencia de estaciones que permitan medir este parámetro en el campo, por lo que resulta necesario deducir, en primer lugar, el valor de la evapotranspiración mediante fórmulas empíricas.

Aunque la evapotranspiración es el segundo término en importancia en un balance hidrológico –después de la precipitación– o el primero en zonas áridas y semiáridas, en la actualidad no existe una metodología para medirla a escala de cuenca, por lo que se estima a partir de la utilización de diferentes modelos. La dificultad de la modelación de la evapotranspiración radica en representar los procesos y factores que la determinan de una manera simple.

El término evapotranspiración involucra los conceptos de Evapotranspiración de Referencia, Evapotranspiración de Cultivo y Evapotranspiración Real, los cuales son explicados a continuación, con el objeto de mostrar la incidencia de la cobertura vegetal en la pérdida o en la retención de agua y la importancia de las condiciones del suelo en cuanto a su porosidad en este mismo aspecto.

### **2.5.2.1 Evapotranspiración de Referencia**

La evapotranspiración de referencia es la pérdida de agua por evaporación y transpiración de un cultivo tomado como referencia (gramíneas o pastos), debido a condiciones climáticas. Es definida como .la evapotranspiración de una superficie extensa de gramíneas de 8 - 15 cm de altura, uniforme, de crecimiento activo, que asombran totalmente el suelo y que no escasean de agua.( DOORENBOS J., PRUITT W. O. Estudio FAO Riego y Drenaje 24. Las necesidades de agua de los cultivos. 1977.). Generalmente es simbolizada en los textos como ETP. Su determinación se realiza a partir de datos climáticos, empleando diferentes fórmulas empíricas, cuya elección para el cálculo depende básicamente del tipo de datos climáticos disponibles en la zona. Las fórmulas más utilizadas en diferentes regiones son las de Penman, Penman-Montheith, Hargreaves, Blaney-Criddle, entre otras, las cuales han sido calibradas localmente en algunos sitios.

En El Salvador, aunque no se ha calibrado ninguna de las formulas mencionadas, si se realizó en el año 1980 (SALAZAR C. H. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Publicación Técnica No. 24. Evapotranspiración Potencial en El Salvador. 1980) una evaluación de diferentes fórmulas para el cálculo de la ETP, con relación a la fórmula de Penman, la cual fue considerada como patrón de referencia debido a la gran cantidad de parámetros climáticos que involucra. De acuerdo a los resultados obtenidos, la fórmula de Hargreaves presentó los resultados más cercanos a la fórmula de referencia. Dado que la fórmula de Hargreaves utiliza menos parámetros para el cálculo de la ETP, que la de Penman y por su correlación con los resultados de esta última, la evapotranspiración de referencia que se calcula por parte del Servicio Meteorológico Nacional del SNET,

se hace a través de la fórmula de Hargreaves, la cual involucra temperatura, radiación solar.

Los valores para ETP son extraídos por medio del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).

### **2.5.2.2 Evapotranspiración de Cultivo**

La evapotranspiración de cultivo es aquella que se produce cuando no existe ninguna restricción de agua en el suelo y depende de las condiciones de los cultivos tales como sus características, el ritmo de desarrollo de las plantas (periodo vegetativo) y las condiciones climáticas de temperatura, viento y humedad relativa.

Para tener en cuenta los efectos de las características del cultivo sobre las necesidades de agua, se han desarrollado unos Coeficientes de Cultivo  $K_c$ , los cuales relacionan la evapotranspiración de referencia  $ET_0$  con la evapotranspiración de cultivo  $ET_c$ , y representan la evapotranspiración de un cultivo en condiciones óptimas, que produzca rendimientos óptimos.

La evapotranspiración de cultivo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$ET_c = K_c * ETP \qquad \text{Ec. 3}$$

Donde:

$ET_c$  = Evapotranspiración del cultivo en mm/día

ETP = Evapotranspiración de referencia en mm/día

$K_c$  = Coeficiente de cultivo (adimensional)

Con base en datos de diferentes tipos de cultivo, se presenta en la Tabla No. 1 una comparación del  $K_c$  para diferentes tipos de vegetación, y se marcan en rojo los mayores valores correspondientes a la etapa de maduración. Estos valores se han ordenado en forma descendente de acuerdo a esta columna de  $K_c$  de mediados de periodo, y de esta forma se puede apreciar, como cultivos como el

arroz, la caña de azúcar y granos básicos pueden perder casi el doble de agua que árboles frutales, asumiendo condiciones similares en cuanto a clima, tipo de suelos y humedad.

## COEFICIENTES DE CULTIVO

VEGETACION	Kc Inicio	Kc Desarrollo de Cultivo	Kc Mediados del periodo	Kc final
ARROZ	1.1	1.1 – 1.3	<b>1.3</b>	1.3 – 1
CAÑA DE AZUCAR	0.6	0.6 – 1.15	<b>1.15</b>	1.15 – 0.85
CAFÉ SIN SOMBRA	1.05	1.05 - 1.1	<b>1.1</b>	1.1
MAIZ	0.35	0.35 – 1.05	<b>1.05</b>	1.05 – 0.6
MAIZ DULCE	0.35	0.35 – 1.05	<b>1.05</b>	1.05 – 0.95
TOMATE	0.6	0.6 – 1.05	<b>1.05</b>	1.05 – 0.6
BROCOLI	0.7	0.7 – 0.95	<b>0.95</b>	0.95 – 0.80
PAPAYO			<b>0.8</b>	
AGUACATE	0.25	0.2 – 0.75	<b>0.75</b>	0.6 – 0.30
MANGO			<b>0.7</b>	
CITRICOS			<b>0.60</b>	
ÁRBOLES LATIFOLIARES			<b>0.60</b>	
PIÑA	0.3	0.3 – 0.5	<b>0.5</b>	0.5

Tabla 2. Comparación de Coeficientes de Cultivo para diferentes tipos de especies vegetales.

**Fuente:** Servicio Nacional de Estudios Territoriales. Servicio Hidrológico Nacional Balance Hídrico Integrado y Dinámico – 2005.

### 2.5.2.3 Evapotranspiración Real

El suministro de humedad a la superficie de evaporación es un factor determinante en la evapotranspiración. A medida que el suelo se seca, la tasa de evapotranspiración cae por debajo del nivel que generalmente mantiene en un suelo bien humedecido (VEN TE CHOW. Hidrología Aplicada.). Es esta

evapotranspiración que depende de la cantidad de humedad existente en el suelo, la que se denomina Evapotranspiración Real.

La evapotranspiración real es inferior a la evapotranspiración potencial para los siguientes factores:

- Falta de agua en algunos períodos;
- Variación de la evapotranspiración según el desarrollo de la planta;
- Variaciones de las condiciones atmosféricas como la humedad, la temperatura, etc.

Por todo ello:

**Evapotranspiración real = K · evapotranspiración de referencia                      Ec. 4**

El coeficiente K es variable y oscila entre 0,10 y 0,90, aproximándose a 1 cuando la planta está en su máximo desarrollo de foliación y fruto.

### **2.5.3 Cambios de Almacenamiento**

Procedimiento para el aforo de pozos artesanales (Programa de Agricultura Sostenible en Laderas de América Central. PASOLAC).

Generalmente los pozos se hacen en forma circular y la profundidad llega al menos hasta donde está la vena de agua o un poco más, dependiendo de la cantidad de agua que se desea almacenar.

Para aforar un pozo se toman las siguientes medidas en metros:

- A. Profundidad desde el Brocal al fondo del pozo. Las dos mediciones se hacen con cuerdas; se ata una plomada en el extremo que se introduce al pozo y luego con cinta métrica se toma la medida que consumió la cuerda.
- B. Profundidad del brocal al espejo de agua
- C. Calcular la columna de agua del pozo, restando A – B
- D. Diámetro del pozo, se toma la parte más ancha de la circunferencia, para sacar el diámetro.

E. Calcular el área de la circunferencia con la fórmula:  $\text{Area} = \frac{\pi}{4} D^2$  **Ec. 5**

F. Calcular el volumen de agua multiplicando la columna de agua por el área de la circunferencia.

A modo de ejemplo se hará el cálculo de volumen para un pozo:

Diámetro: 0.6 m

Profundidad: 9.85 m

Columna de agua: 1.02 m

Área de la circunferencia que forma el pozo =  $\frac{\pi}{4} (0.6 \text{ m})^2 = 0.283 \text{ m}^2$

El volumen de agua del pozo =  $1.02 \text{ m} \times 0.283 \text{ m}^2 = 0.288 \text{ m}^3$

Este volumen es solamente la cantidad de agua disponible o almacenada en el pozo.

#### **2.5.4 Infiltración**

La infiltración es el volumen de agua procedente de las precipitaciones que atraviesa la superficie del terreno y ocupa total o parcialmente los poros del suelo y del subsuelo.

Entre los factores que afectan la capacidad de infiltración tenemos:

- Entrada superficial: La superficie del suelo puede estar cerrada por la acumulación de partículas que impidan, o retrasen la entrada de agua al suelo.
- Transmisión a través del suelo: El agua no puede continuar entrando en el suelo con mayor rapidez que la de su transmisión hacia abajo, dependiendo de los distintos estratos.
- Acumulación en la capacidad de almacenamiento: El almacenamiento disponible depende de la porosidad, espesor del horizonte y cantidad de humedad existente.

- Características del medio permeable: La capacidad de infiltración está relacionada con el tamaño del poro y su distribución, el tipo de suelo – arenoso, arcilloso-, la vegetación, la estructura y capas de suelos.
- Características del fluido: La contaminación del agua infiltrada por partículas finas o coloides, la temperatura y viscosidad del fluido, y la cantidad de sales que lleva.

El Método de Porchet es un método *in situ* para conocer la infiltración de los suelos por medio de un parámetro de permeabilidad. Consiste en excavar un agujero de radio R y altura H, se deposita agua en su interior a una altura h dejando un espacio del nivel del terreno natural a la película de agua, se deposita una pequeña capa de grava para evitar que al depositar el agua dentro dañe la superficie del fondo del agujero, luego se controla el tiempo que transcurre entre dos elevaciones de agua en el interior del hueco.

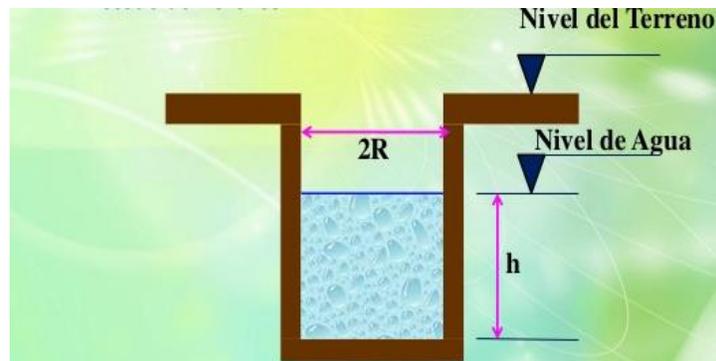


Figura 8. Esquema del proceso de construcción del método Porchet.

Fórmula utilizada para el cálculo de la Infiltración (Gunther Shonsinky & Losilla, 2000):

$$K_{fc} = 0.267 \ln(fc) - 0.000154fc - 0.723 \quad \text{Ec. 6}$$

Donde:

$K_{fc}$  (adimensional) = Coeficiente de infiltración (Fracción que infiltra por textura del suelo);

$f_c$  (mm/día) = Infiltración básica del suelo.

Ecuación para el cálculo del coeficiente de infiltración del suelo:

$$C_i = K_p + K_v + K_{fc} \quad \text{Ec. 7}$$

Donde:

$C_i$  = Coeficiente de infiltración [adimensional].

$K_p$  = Fracción que infiltra por efecto de pendiente (adimensional, ver tabla 13).

$K_v$  = Fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal (adimensional, ver tabla 13)

$K_{fc}$  = Fracción que infiltra por textura del suelo (adimensional).

El cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente ( $P_i$ ) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i) (P - Ret) \quad \text{Ec. 8}$$

Donde:

$P_i$  = Precipitación que infiltra mensualmente al suelo en (mm/mes).

$C_i$  = Coeficiente de infiltración (adimensional) (Ecuación 7)

$P$  = Precipitación mensual en (mm/mes) (dato meteorológico).

$Ret$  = Retención de lluvia mensual por follaje en (mm/mes) (ecuación).

Para calcular la retención de lluvia mensual interceptada por el follaje ( $Ret$ ), se aplicará la siguiente ecuación:

$$Ret = (P)(C_{fo}) \quad \text{Ec. 9}$$

Ecuación para el cálculo de la retención mensual de lluvia por follaje.

Si  $P$  es menor o igual a 5 mm/mes,  $Ret = P$ .

Si el producto  $(P)(Cfo)$  es mayor o igual de 5 mm/mes,  $Ret = (P)(Cfo)$ .

Si  $P$  es mayor de 5mm/mes y el producto  $(P)(Cfo)$  menor de 5,  $Ret = 5$ .

Donde:

$Cfo$  = Coeficiente de retención del follaje, para bosques muy densos  $Cfo = 0.20$ , otros  $Cfo = 0.12$  (adimensional).

En ningún caso el coeficiente de infiltración ( $Ci$ ) ha de ser mayor de 1, si así fuese, se le asigna a  $Ci$  el valor de 1.

Calculo de escorrentía superficial:

$$ESC = P - Ret - Pi$$

**Ec. 10**

### **2.5.5 Esgurrimiento superficial**

El escurrimento superficial, es medido mediante el caudal de agua que pasa por un punto determinado. Este caudal depende de la respuesta hídrica de la cuenca a la precipitación que cae en ella, está condicionado por el área de la cuenca, el tipo de cobertura vegetal, tipo de suelos y pendiente del terreno.

- **Caudal**

Para el aprovechamiento del recurso hídrico, es necesario conocer en un punto dado o en la salida de la cuenca, el caudal disponible a partir de las precipitaciones. El problema es aparentemente simple en su presentación, pero de una solución en muchos casos compleja, para ello se han ideado una serie de metodologías que van desde las más simples a las más complejas, como: isolíneas de escorrentía, caudales específicos, generación por modelos de simulación precipitación – escorrentía, etc.

Para el análisis y estimación de caudales en las sub-cuencas se ha tenido en cuenta la ecuación, la cual se considera como la más adecuada, ya que no solo

relaciona área y caudal sino que también relaciona el aporte pluviométrico de las cuencas.

$$Q = A \cdot V \quad \text{Ec. 11}$$

Donde:

$Q_x$  = Caudal a estimar en la cuenca en  $m^3/s$

$A$  = Área de la cuenca en  $m^2$

$V$  = velocidad de la corriente en  $m/s$

Existen diversos métodos, para determinar el caudal de una corriente de agua, cada uno aplicable a diversas condiciones, según el tamaño de la corriente o según la precisión con que se requieran los valores obtenidos. Los métodos más utilizados son:

- Aforos con flotadores.
- Aforos volumétricos.
- Aforos químicos.
- Aforos con vertederos.
- Aforos con correntómetro o molinete.
- Aforos con medidas de la sección y la pendiente.

### **Aforo con flotadores**

Por este método, se mide la velocidad superficial ( $v$ ) de la corriente y el área de la sección transversal ( $A$ ), luego con estos valores aplicando la ecuación de continuidad, se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = K \times v \times A \quad \text{Ec. 12}$$

Donde K es un factor de corrección relacionado con la velocidad. El valor de K se debe seleccionar de acuerdo al tipo de río, así como lo muestra la siguiente tabla:

<b>Tipo de río</b>	<b>Factor K</b>
Río o riachuelo profundidad del agua mayor a 15 cm	0.5
Río o riachuelo profundidad menor que 15 cm	0.25 – 0.5

Tabla 3. Factor K de corrección según profundidad del río.

Para realizar este aforo, se debe escoger en lo posible un tramo recto de cauce de longitud L.



Figura 9. Medidas de la velocidad superficial de la corriente

El procedimiento para medir la velocidad es como sigue:

- Medir la longitud (L) del tramo AB

- Medir con un cronometro el tiempo (T), que tarda en desplazarse el flotador (botella, madera cuerpo flotante natural) en el tramo AB.
- Calcular la velocidad superficial

$$v = \frac{L}{T} \quad \text{Ec.13}$$

### Calculo del área promedio

Para calcular el área se hace lo siguiente:

- Medir el espejo de agua (L)



Figura 10. Forma para dividir la sección transversal de un riachuelo.

- Dividir L en 5 o 10 partes (midiendo cada 0.20 m, 0.30 m, 0.40 m etc.) y en cada extremo medir su profundidad

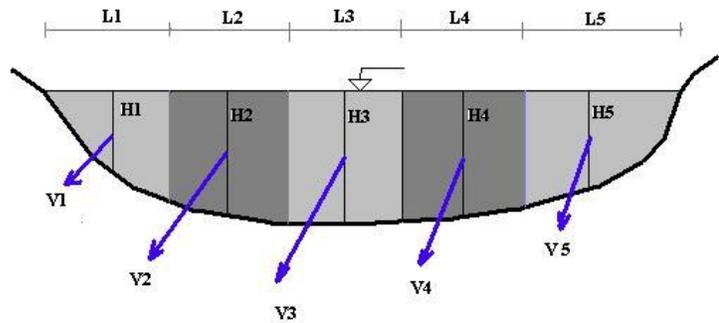


Figura 11. Vista transversal de la división para el aforo por medio de flotadores.

- Calcular el área para cada tramo usando el método del trapecio

$$A_1 = \frac{H_1 + H_2}{2} L_1 \quad \text{Ec. 14}$$

Luego hacer la suma de todas las áreas y obtener el área total

Nota: para que el método sea más exacto el procedimiento se realiza 10 veces como mínimo.

### 2.5.6 Demanda Interna

Las demandas internas se refieren a los consumos de agua por parte de los diferentes sectores de usuarios (consumo humano, agrícola, industrial, comercial, turismo, energético, etc.) ubicados dentro de la zona hidrográfica.

## **2.6 MARCO LEGAL**

### **2.6.1 Generalidades**

El sector del agua debería ser el eje de las políticas ambientales y armonizar las prioridades de los diversos sectores (agricultura, irrigación, entre otros). Los gobiernos nacionales deberían aplicar una perspectiva de cuenca hidrográfica en la armonización de todas las políticas sectoriales que repercuten en el uso del agua: suministro de agua para uso doméstico, medio ambiente, agricultura, industria, planificación del territorio (FAO 2007).

La normativa relacionada al recurso hídrico vigente en el país está constituida por: La Constitución Política. Decreto 38, diciembre de 1983, en el Artículo 117, declara de interés social la protección, restauración, desarrollo y aprovechamiento de los recursos naturales. Entre los motivos de expropiación por causa de utilidad pública, establece el objetivo de aprovisionamiento de agua (Asamblea Constituyente 1983).

El 30 de Mayo de 2012 el Consejo de Ministros del Gobierno de El Salvador aprobó una nueva Política Nacional del Medio Ambiente. Se trata de un importante hito pues la única vez que ello ocurrió fue en septiembre 2000, aunque la Ley del Medio Ambiente exige que esta política sea actualizada al menos cada cinco años.

### **2.6.2 Ley del Medio Ambiente**

La ley del medio ambiente es amplia en el tema pero específicamente en el capítulo II, artículos 48 y 49 se habla de la importancia de la protección del recurso hídrico como se muestra a continuación:

**Art. 48.-** El Ministerio promoverá el manejo integrado de cuencas hidrográficas, una ley especial regulará esta materia. El Ministerio creará un comité interinstitucional nacional de planificación, gestión y uso sostenible de cuencas hidrográficas. Además promoverá la integración de autoridades locales de las mismas.

**Art. 49.-** El Ministerio será responsable de supervisar la disponibilidad y la calidad del agua. Un reglamento especial contendrá las normas técnicas para tal efecto, tomando en consideración los siguientes criterios básicos:

**a)** Garantizar, con la participación de los usuarios, la disponibilidad, cantidad y calidad del agua para el consumo humano y otros usos, mediante los estudios y las directrices necesarias;

**b)** Procurar que los habitantes, utilicen prácticas correctas en el uso y disposición del recurso hídrico;

**c)** Asegurar que la calidad del agua se mantenga dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental;

**d)** Garantizar que todos los vertidos de sustancias contaminantes, sean tratados previamente por parte de quien los ocasionare;

**e)** Vigilar que en toda actividad de reutilización de aguas residuales, se cuente con el Permiso Ambiental correspondiente, de acuerdo a lo establecido en esta Ley.

Los artículos antes mencionados establecen claramente que el agua debe ser estrictamente cuidada y es responsabilidad tanto de la población como del gobierno para que su disponibilidad siempre sea la óptima.

### **2.6.3 Crítico estado del recurso hídrico**

En este marco legal cabe mencionar que el primer y único intento de establecer una rectoría del sector se dio a finales de 1981 con la Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos sancionada por la Junta Revolucionaria de Gobierno. (Decreto Legislativo N°: 886 publicado en el Diario Oficial: 221 Tomo: 273, 2 de Diciembre de 1981.) Esa escueta ley de seis artículos que no ha sido derogada, otorgó la rectoría del sector hídrico al desaparecido Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, a través de una Oficina especializada – actualmente inexistente - que sería la responsable de elaborar el Plan Nacional de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos y coordinar las acciones entre las entidades usuarias o relacionadas con los diferentes usos del agua.

Desde entonces, en los últimos 30 años hubo por lo menos cinco intentos de impulsar una legislación de aguas que resolviera la problemática institucional del sector, pero por diversas razones, incluyendo diferencias al interior del Ejecutivo, esas iniciativas no prosperaron. Por eso resultó tan significativo que el 22 de Marzo de 2012 - Día Mundial del Agua - el Ejecutivo presentase a la Asamblea Legislativa, a través del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, un Anteproyecto de Ley General de Aguas muy completo que busca dotar al país de un marco moderno e integrado de gestión.

#### **2.6.4 Ley general de aguas**

Esta ley aún no ha sido aprobada pero abarca el tema del agua en un contexto muy puntual para la protección y cuidado de esta.

La crítica situación del recurso hídrico y su desigual disponibilidad en el país, demanda superar el agudo problema institucional de su gestión a través de la aprobación y pronta implementación de una Ley General de Aguas que permita establecer un sistema unificado que garantice la protección y aprovechamiento de los recursos hídricos, tal como propone el Anteproyecto de Ley General de Aguas que el Ejecutivo presentó a la Asamblea Legislativa en Marzo 2012. Desde la perspectiva de la Política Nacional del Medio Ambiente 2012, dicha Ley debe propiciar un desarrollo institucional que incorpore por lo menos los siguientes aspectos:

El agua como bien nacional de uso público: el agua es un recurso estratégico para la vida y el desarrollo económico y social del país. Por lo tanto, debe garantizarse su uso y goce a toda la población del país y su administración solo debe ser otorgada y ejercida en armonía con el bien común, la protección ambiental y el interés de la Nación.

Derecho humano al agua y saneamiento: debe garantizarse el derecho de todas las personas a disponer de agua limpia suficiente, salubre, segura, aceptable, accesible y a un costo asequible para el uso personal y doméstico, en cantidad, calidad, continuidad y cobertura. Este derecho también implica que el uso

prioritario de las aguas debe ser para atender el abastecimiento de la población y sus necesidades primarias.

Sustentabilidad: El bienestar humano se relaciona directamente con la calidad de los ecosistemas como ríos, lagos, lagunas, esteros, manglares y otros, por lo que también debe garantizarse que estos disponen del agua necesaria en cantidad y calidad para garantizar su buen funcionamiento. El agua también se renueva a través del ciclo hidrológico, por lo tanto, un buen manejo del suelo en las cuencas es esencial para asegurar una buena regulación hídrica, así como la protección de las zonas de recarga para asegurar una adecuada infiltración hacia los mantos acuíferos.

Adaptación al cambio climático y gestión de riesgos: la gestión hídrica en El Salvador obligatoriamente tiene que incorporar un enfoque de la adaptación al cambio climático, sobre todo ante la creciente variabilidad climática. La restauración de ecosistemas, cuencas y paisajes, y el desarrollo de la infraestructura hidráulica para el manejo del agua será cada vez más importante en este contexto.

Rectoría y regulación: debe superarse la crisis institucional actual en la gestión hídrica definiendo claramente la rectoría del sector para garantizar la disponibilidad de agua en cantidad y calidad para los diversos usos. El Anteproyecto de Ley arriba mencionado propone un Consejo Nacional del Agua con su Comité Consultivo y entidades competentes para regular el uso del agua en los diferentes subsectores y evitar la sobreexplotación y contaminación de fuentes superficiales y subterráneas. El Consejo Nacional aprobaría la Política Nacional de los Recursos Hídricos y el Plan Nacional Hídrico; también resolvería en última instancia los conflictos de interés nacional sobre prioridades y usos de los recursos hídricos y declararías emergencias nacionales o zonales relacionadas con situaciones críticas por exceso o déficit de agua.

Asignaciones públicas y permisos: toda persona natural o jurídica, pública o privada, que pretenda aprovechar recursos hídricos con fines ajenos al uso doméstico debe obtener la autorización correspondiente, ya sea como asignación

en el caso de las entidades públicas o como permisos, en el caso de los particulares. En toda autorización deben establecerse las condiciones de las aguas residuales vertidas a un medio receptor. Los permisos de aprovechamiento para uso comercial, industrial, agroindustrial o recreativo del agua deben especificar su duración, la cantidad y calidad de agua a ser extraída en un punto geográfico definido, y el uso o aprovechamiento específico. Los permisos de vertido de aguas residuales sobre un cuerpo receptor deben establecer el tratamiento previo requerido de acuerdo a las normas vigentes. En cualquier caso, los permisos no pueden ser objeto de transferencia o comercialización.

Cobro por asignaciones y permisos para financiar inversiones prioritarias: el cobro de cánones por asignaciones públicas y permisos permitiría financiar programas de manejo de cuencas prioritarias para la infiltración y regulación del agua; inversiones para la descontaminación de las aguas superficiales; promoción del reuso del agua; entre otras actividades.

Captación y aprovechamiento de aguas lluvias: a fin de promover su aprovechamiento, los particulares deben poder utilizar libremente, sin necesidad de autorización ni pago, las aguas lluvias directamente recolectadas y almacenadas artificialmente por ellos, siempre que no causen daños a terceros. En caso de daños, el responsable debe estar obligado a la reparación e indemnización respectiva.

Información y Planificación: un robusto sistema de información hídrica es esencial para apoyar la planificación a todas las escalas (nacional, por cuenca, región o zona). Se debe evaluar de forma sistemática el recurso en cantidad y calidad en las diferentes cuencas del país. Es necesario contar con información sobre los usos y demandas de agua para elaborar los Balances Hídricos a nivel de cuenca y micro-cuenca e identificar las zonas de estrés hídrico por escasez de agua en cantidad o calidad. Se deben monitorear estrechamente los vertidos de aguas residuales en los cuerpos receptores. También es necesario profundizar el conocimiento sobre el estado de los acuíferos y de su disponibilidad real de agua y estado de explotación. Todo ello requiere fortalecer las redes de monitoreo de

cantidad y calidad de aguas superficiales y subterráneas, y las capacidades de análisis e investigación.

Gobernabilidad local del agua: la integración de la población organizada alrededor de temáticas hídricas con énfasis en el manejo integral de cuencas hidrográficas es clave para impulsar acciones que atiendan la problemática del agua.

**CAPITULO III**  
**DIAGNOSTICO DE LA ZONA**  
**HIDROGRAFICA**

## **DESCRIPCION DEL CAPITULO**

El diagnóstico es un análisis que se realiza para determinar cualquier situación y cuáles son las tendencias. La determinación se realiza sobre la base de datos y hechos recogidos y ordenados sistemáticamente, que permiten juzgar mejor que es lo que está pasando en una zona de estudio.

El presente diagnostico presenta un acercamiento a la realidad actual del territorio del Cantón Anchico, como se mencionó en el capítulo uno la problemática gira en torno al recurso hídrico entra cantidad y distribución, pero dentro de esta gran problemática es necesario hacer un examen detallado de las condiciones del lugar en cuando a varios aspecto como son: físico, económico, social y ambiental, ya que estos influyen de manera directa en el manejo del agua.

### **3.1 DIAGNOSTICO DE LA ZONA HIDROGRAFICA DEL CANTON ANCHICO**

#### **3.2 ANALISIS FISICO**

- **Topografía.**

El Cantón Anchico se encuentra ubicado en el límite de la montaña costera y el valle central según se establece geomorfológicamente, que comprende el Río Grande de San Miguel. El valle de este rio es una zona de topografía plana, en la que se destacan planamente los afloramientos de formaciones geológicas más antiguas, las cuales se elevan hasta 200 m. Por encima del nivel de la planicie, formando cerros aislados y serranías de topografía quebrada y abrupta.

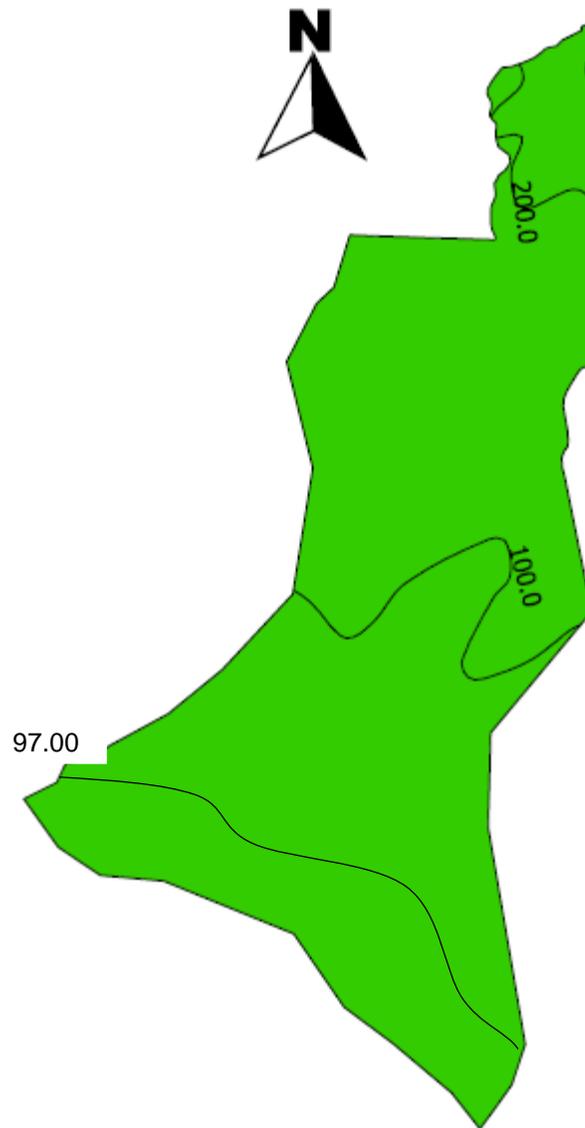


Figura 12. Curvas de nivel representando zona más alta, media y baja del Cantón Anchico.

Dentro del relieve del terreno existe un desnivel poco considerable puesto que se encuentra en una zona plana sobre la cota 100 y el nivel más alto se encuentra a 8.2 Km en el nivel 200 (Fig. 13), por lo tanto la pendiente es mínima (2.5%). Aparte de la poca pendiente y del terreno llano existe otra característica del terreno que es muy importante la cual es el tipo de suelo arcilloso notado mediante una prueba visual manual, pues presenta el inconveniente de hacer restitución de suelo para poder realizar un proyecto de infraestructura en esta área de estudio.

Dentro del Cantón Anchico existe el Río Huiscoyol que hace su recorrido atravesando la zona como se muestra en la figura número 14.

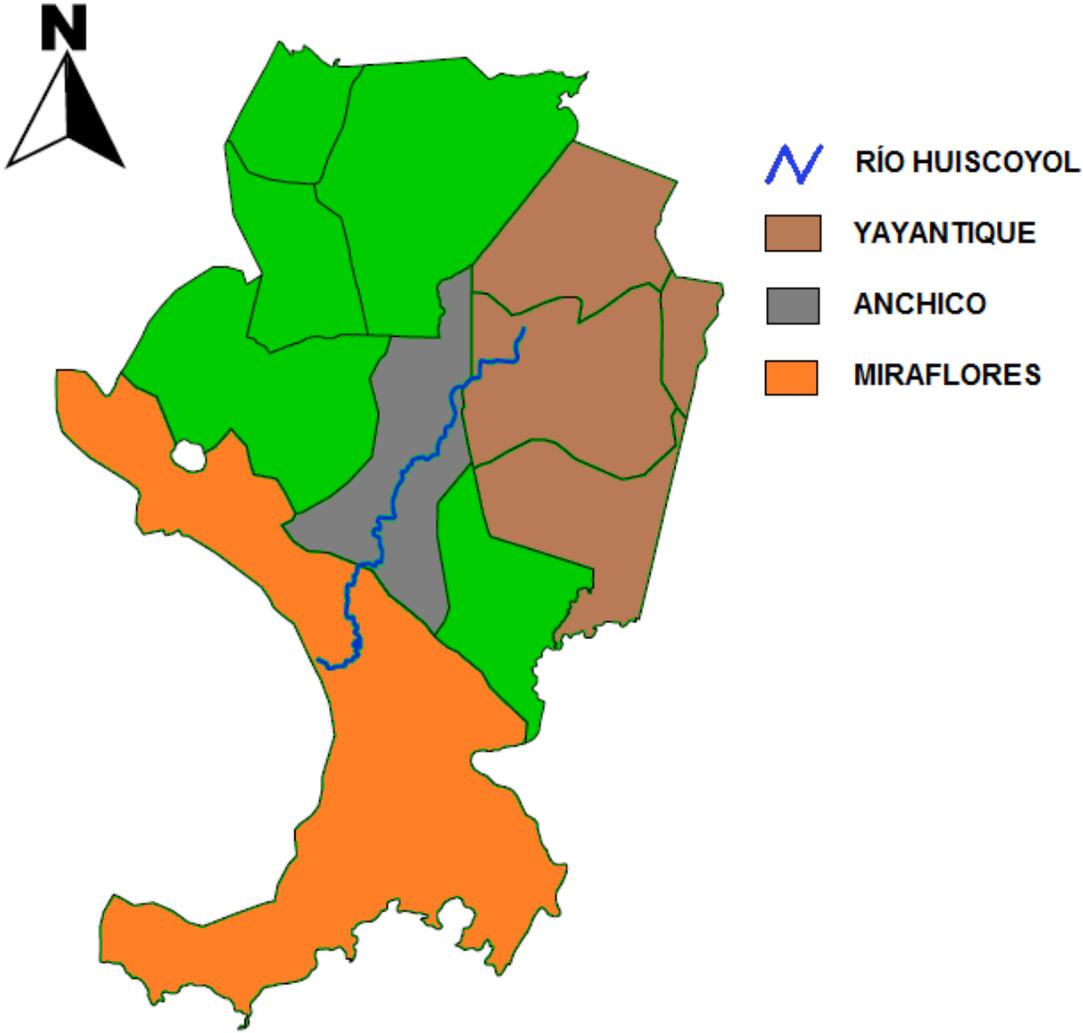


Figura 13. Entrada y salida del Río Huiscoyol a la zona de estudio según la dirección del caudal que es de norte a sur.

- **Suelo.**

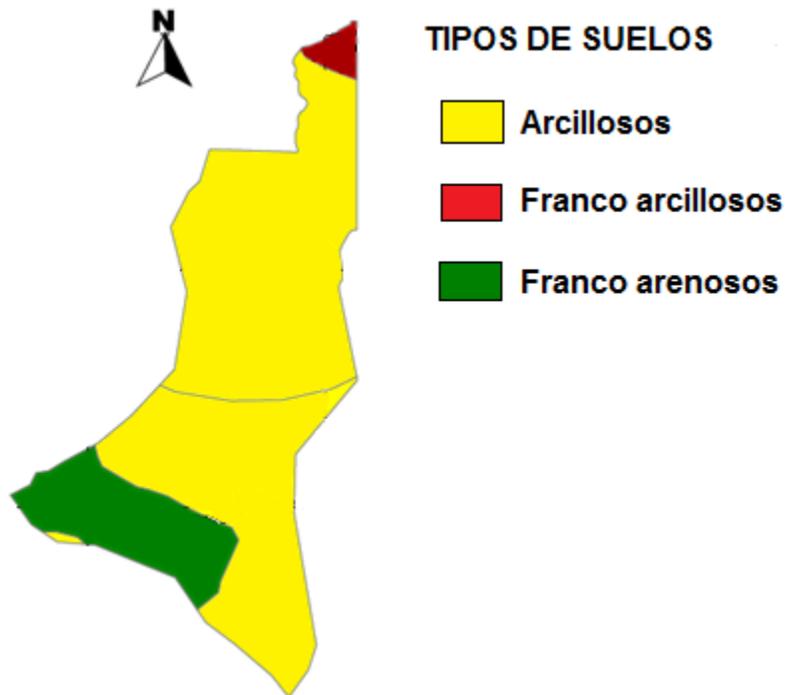


Figura 14. Tipos de Suelos y su ubicación en la zona hidrográfica.

Tipo de suelo	Área Ha	Área Km <sup>2</sup>
Arcilloso	1289	12.89
Franco arcilloso	29.09	0.291
Franco arenoso	255.85	2.56
<b>Total</b>	<b>1573.94</b>	<b>15.74</b>

Tabla 4. Áreas según tipo de suelo.

El suelo es de tipo arcilloso, y tiene una característica de color oscuro, a menudo es llamado suelo pesado. En la agricultura en el suelo arcilloso puede presentar un gran desafío principalmente debido al pobre drenaje del suelo. El suelo arcilloso también tiende a compactarse y deshacerse en terrones cuando se lo cultiva, pisa o trabaja cuando está húmedo.

En el suelo franco propiamente dicho pueden existir variaciones, según el componente de mayores proporciones. Si ocurre lo siguiente: su contenido de

arena es un poco más que el óptimo se designa franco-arenoso. Lo que está en exceso es arcilla, se le conoce como franco-arcilloso.



Figura 15. Vista superior y vista inferior de las condiciones del suelo debido a la extrema sequía año 2016

## Uso de Suelo:

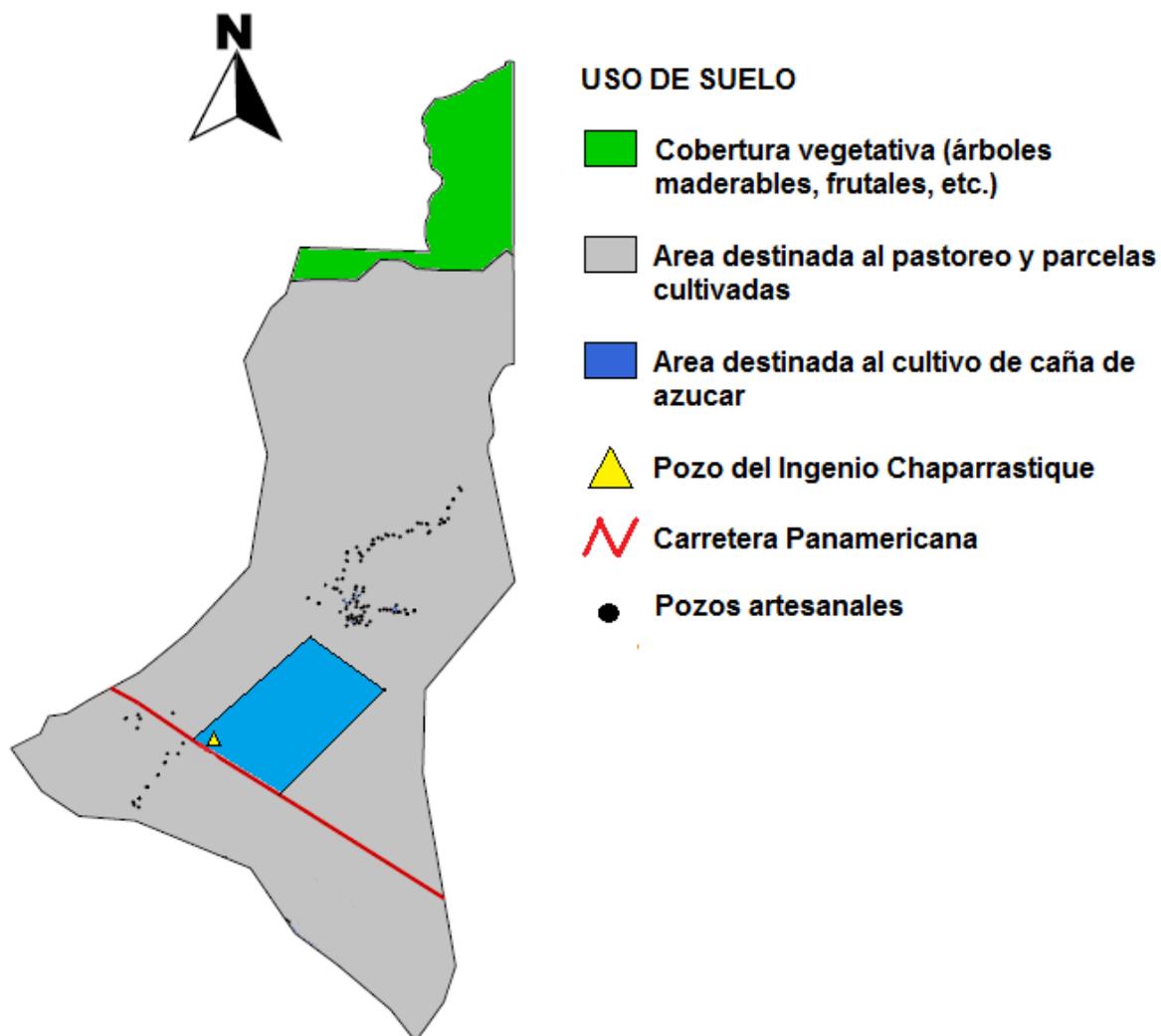


Figura 16. Mapa esquemático sin escala de los usos del suelo

Uso de suelos	Área Ha	Área Km <sup>2</sup>
Cobertura vegetal	141.60	1.42
Área de pastoreo y cultivo	1383.34	13.83
Cultivo de caña de azúcar	49.00	0.49
<b>Total</b>	<b>1573.94</b>	<b>15.74</b>

Tabla 5. Áreas totales según el uso del suelo.

De acuerdo al Plan Maestro del desarrollo urbano de la Ciudad de San Miguel. **(PLAMADUR)**, se ha clasificado como uso agrícola en su totalidad; pero se mezcla en su menoría el uso residencial e institucional.

- **Clima.**

Esta es una región completamente agrícola y ganadera que se encuentra ubicado al oriente de la Ciudad de San Miguel, considera como Sabana Tropical Caliente o Tierra Caliente, según la estación climática (Koppen, Sapper y Laurer.) (0-800 msnm), la elevación es determinante, y estas a 80 metros sobre el nivel del mar (msnm). Considerando la regionalización climática (Con biotemperaturas < 24° C y temperaturas del aire, medio anuales >24° C). Los rumbos de los vientos son predominantes del norte en la estación seca y del sur en la estación lluviosa.

- **Tipos de vegetación.**

Cuadro resumen de algunas de las especies de árbol presentes, así como también varios tipos de vegetación

<b>Nº</b>	<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Familia</b>
1	Aceituno	<i>Simarouba glauca,</i>	SIMACEAE
2	Amate	<i>Ficus isipida</i>	MORACEAE
3	Anona India	<i>Annona giabra</i>	ANNONACEAE
4	Zuncuya	<i>Annona purpurea</i>	ANNONACEAE
5	Chaparro	<i>Curatella americana</i>	DILLENACEAE
6	Carao	<i>Cassia grandis</i>	LEGUMINOSAE
7	Carbón colorado	<i>Mimosa tenuiflora</i>	LEGUMINOSAE
8	Caña de azúcar	<i>Saccharum officinarum</i>	LEGUMINOSAE
9	Copinol	<i>Hymenea courbaryl</i>	LEGUMINOSAE
10	Madrecacao	<i>Gliricidia sepium</i>	LEGUMINOSAE
11	Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i>	LEGUMINOSAE
12	Conacaste negro	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	LEGUMINOSAE
13	Conacaste blanco	<i>Albizzia caribea</i>	LEGUMINOSAE
14	Carreto	<i>Samanea saman</i>	LEGUMINOSAE
15	Guachipilín	<i>Diphyssa americana</i>	LEGUMINOSAE
16	Leucaena	<i>Leucaena leucocephala</i>	LEGUMINOSAE

17	Almendro de río	<i>Andira inermes</i>	LEGUMINOSAE
18	Chilamate	<i>Sapium aucuparium</i>	EUPHORBICEAE
19	Caoba	<i>Swietenia humilis</i>	MILIACEAE
20	Nim	<i>Azadirachta indica</i>	MILIACEAE
21	Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>	MILIACEAE
22	Jiote	<i>Bursera simarouba</i>	BURSERACEAE
23	Huiscoyol	<i>Bactrie major</i>	PALMAE
24	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	BORAGINACEAE
25	Cortez	<i>Tabebuia ochacea</i>	BIGNONIACEAE
26	Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	BORAGINACEAE
27	Laurel	<i>Cordia olliadora</i>	BORAGINACEAE
28	Huilihuishte	<i>Karwinskia calderonii</i>	RHAMNACEAE
29	Papaya	<i>Carica papaya</i>	CARICACEAE
30	Roble	<i>Licania arborea</i>	CHYSOBALANACEAE
31	Capulín negro	<i>Trema micrantha</i>	ULMACEAE
32	Piña de cerco	<i>Bromelia piaguin</i>	BROMELIACEAE
33	Sálamo	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	EUPHORBIACEAE
34	Tempate	<i>Jathopa curcas</i>	EUPHORBIACEAE
35	Guácimo	<i>Guazuma ulmifolia</i>	STEREULIACEAE
36	Matapalo	<i>Psittaconthus calyculatus</i>	LARANTHACEAE
37	Guayabo	<i>Psidium guajava</i>	MYRTACEAE
38	Eucalipto	<i>Eucalyptus viminalis</i>	MYRTACEAE
39	Castaño	<i>Sterculia apetela</i>	STECULIACEAE
40	Zapote	<i>Pouteria sapote</i>	SAPOTACEA
41	Tamarindo	<i>Tamarindus indica</i>	FABACEA
42	Mango	<i>Mangifera indica</i>	ANACARDIACEAE
43	Marañón	<i>Anarcadium occidentale</i>	ANACARDIACEAE
44	Aguacate	<i>Persea americana</i>	LAURACEAE
45	Maíz	<i>Zea mays</i>	POACEAE
46	Naranja	<i>Citrus sinensis</i>	RUTACEAE
47	Limón	<i>Citrus aurantifolia</i>	RUTACEAE
48	Teca	<i>Tectona garndis</i>	COMBRETACEAE
49	Veranera	<i>Bougainvillea globra</i>	NYCTAGINACEA
50	Coco	<i>Cocos nucifera</i>	OLACACEAE
51	Jagua	<i>Genipa americana</i>	RUBIACEAE
52	Quina blanca	<i>Coutarea hexandra</i>	RUBIACEAE
53	Melina	<i>Ginelinea arborea</i>	VERBENACEAE
54	Izote	<i>Yucca filifera</i>	AGAVACEAS
55	Tule	<i>Typha latifolia</i>	THYPHACEAE
56	Ojuste	<i>Brosimum alicastrum</i>	MORACEAE
57	Ceiba	<i>Ceiba pentandra</i>	BOMBACACEAE
58	Guarumo	<i>Cecropia peltata</i>	MORACEAE

Tabla 6. Nombres comunes y científicos de diversas plantas del Cantón Anchico.

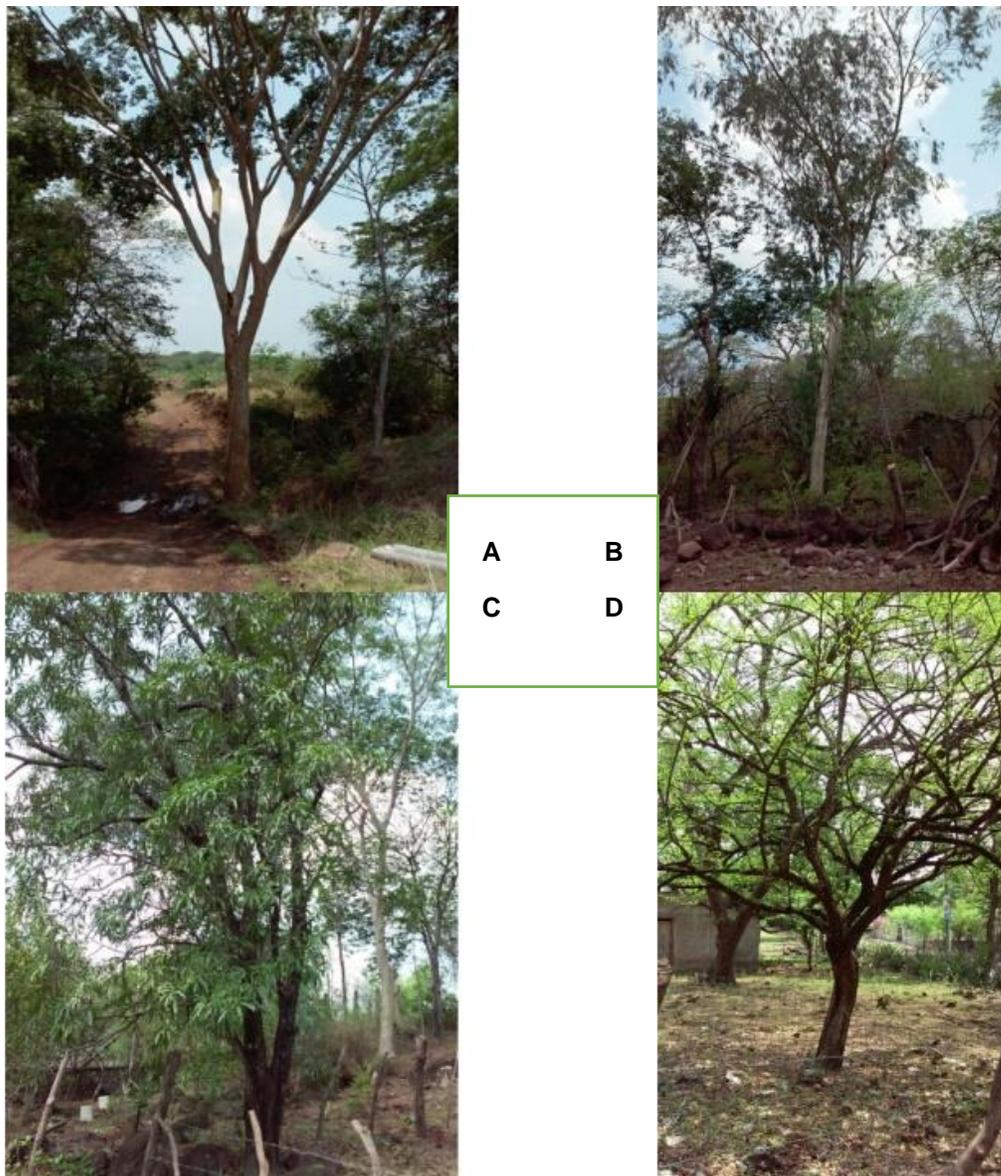


Figura 17. (A) Conacaste Blanco, (B) Eucalipto, (C) Mango, (D) Cutuco.

- **Fauna.**

Algunas de las especies de fauna encontradas y reportadas por los pobladores de la sub-cuenca, son las siguientes:

Entre los reptiles se encuentran:

- ✓ Garrobo (*Ctenosaura similis*)
- ✓ Iguana verde (*Iguana iguana*)
- ✓ Boa o culebra ratonera (*Boa constrictor*)
- ✓ Cantil (*Gonatodes albogularis*), Tenguereche (*Basiliscus vittatus*)
- ✓ Lagartija (*Norops sericeus*).

(A)



(B)



Figura 18. (A) Garrobo, (B) Lagartija.

Las especies de aves más comunes encontradas son las siguientes:

- ✓ Pericos (*Aratinga canicularis*)
- ✓ Catalnica (*Porotogeris juglaris*)

- ✓ Lechuza (*Tito alba*)
- ✓ Torogoz (*Eumomota superciliosa*)
- ✓ Chiltota (*Icterus pectoralis*)
- ✓ Zanate (*Cassidix mexicanus*)
- ✓ Paloma de ala blanca (*Zenaida asiática*)
- ✓ Tecolote (*Otas cooperi*)
- ✓ Tórtola colilarga (*Columbina inca*)
- ✓ Tórtola pechipunteada (*Columbina passerina*)



Figura 19. A la izquierda Zanate y A la derecha Paloma de ala blanca.

Se presume la existencia de madrigueras de especies como:

- ✓ Cusuco (*Dasypus novemcinctus*)
- ✓ Conejo silvestre (*Sylvilagus floridanus*)
- ✓ Tacuazín (*Didelphys marsupialis*)
- ✓ Tepescuincle (*Agouti peca*)
- ✓ Rata de campo (*Sugmodun hispides*)

Las condiciones climáticas y la cobertura vegetal que existe en la sub-cuenca, son condiciones importantes para la existencia y sobrevivencia de la mayoría de estas especies. La desaparición de algunas zonas boscosas o con vegetación

secundaria y el incremento de una agricultura intensiva en zonas de fuertes pendientes, sin prácticas adecuadas para la conservación del suelo, han contribuido significativamente a la reducción de la biodiversidad de la zona como riqueza nacional. Otros factores que influyen en la destrucción de la flora, fauna y la biodiversidad en general son las siguientes: poca sensibilidad de la sociedad por la protección ambiental, falta de aplicación de la legislación ambiental, destrucción y falta de protección de fuentes de agua, pérdida del bosque nativo, caza, incendios forestales y deforestación.

### **3.3 SITUACION SOCIOECONOMICA DEL CANTON ANCHICO**

En este apartado se describen los aspectos más relevantes de la actividad socioeconómica del Cantón Anchico, información obtenida de indagaciones realizadas en el terreno y de fuentes secundarias.

- **Población.**

Se cuenta con una población de: 1,555 habitantes distribuidos en el Cantón Anchico. Que corresponde a 275 familias. (Fuente, ADESCO Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel)

- **Densidad de población.**

La densidad poblacional en la zona es de 99 hab/Km<sup>2</sup>.

- **Actividades productivas.**

En el área predomina una economía ligada a la producción agropecuaria, concentrada en los granos básicos bajo modalidades de asocio y relevo. También se observa el cultivo de hortaliza en menor escala (tomate, ejote y pipián entre otros), y cultivo de caña de azúcar por parte del Ingenio Chaparrastique.

La actividad pecuaria se concentra en bovinos manejados bajo pastoreo libre, equinos en pastoreos libres y estabulados; porcinos en su mayoría en libertad y con una baja cantidad estabulados, y aves de corral en libertad.

Los principales problemas asociados con las actividades productivas son: falta de crédito, falta de asistencia técnica, alto costo de producción, baja fertilidad del suelo por deterioro y erosión, deforestación, incidencia de plagas y enfermedades de cultivos y animales.

El rendimiento de los cultivos de los granos básicos de maíz es 18 quintales por manzana, frijol es 8 quintales por manzana y maicillo es de 12 quintales por manzana según los testimonios de los agricultores de la zona. El destino de la producción es para consumo y comercio.

- **Principales medios de vida de la población**

El principal medio de vida que genera ingresos a las familias es la agricultura, ya que es común en toda el área, en las cuales el 100% de las personas consultadas la practican como medio de vida que les genera ingresos para sobrevivir. Los cultivos predominantes, granos básicos y hortalizas. Muchas personas son jornaleros, principalmente en actividades agrícolas. La ganadería aparece como un medio de vida importante principalmente con ganado de doble propósito y la crianza de gallinas indias también es un medio de vida importante, reportado por muchas familias.

Las remesas son otra fuente importante de ingresos para las familias, son destinadas para cubrir necesidades básicas, Salud, construcción y compra de terrenos. Otros medios importantes que aparecen en todas las comunidades son la albañilería y pequeñas tiendas.

- **Fuentes de empleo**

Las fuentes de empleo primarias (más ingresos) en la zona son las siguientes: Agricultura (hortalizas, granos básicos), ganadería y fábrica de ladrillos artesanales. Las fuentes de empleo secundario (menor ingreso) son:

- Negocios locales (tiendas)
- Ventas ambulantes



Figura 20. Una de las fuentes de ingreso económico en el centro del Cantón Anchico.

- **Infraestructura básica**

Este comprende la infraestructura básica y los bienes de producción necesarios para respaldar los medios de vida. La primera se refiere a los cambios en el entorno físico que contribuyen a que las poblaciones logren satisfacer sus necesidades básicas y sean más productivas; mientras que los bienes de producción son las herramientas y equipos que utilizan las poblaciones para funcionar de forma más productiva.

En cuanto a la infraestructura, las viviendas en la zona son 275 y el material de construcción predominante en las viviendas es el ladrillo de barro. En segundo

lugar son las de bloque. Las familias utilizan gas propano y leña como combustible para cocinar lo cual pone en riesgo bosque dentro del lugar.

Los servicios de energía eléctrica y telefonía móvil están en todas las comunidades, aunque no en un cien por ciento de las familias, debido al costo para instalación y a la cuota mensual. No existe una red de telefonía pública y familiar en todas las comunidades. En el lugar no se cuenta con casa comunal.



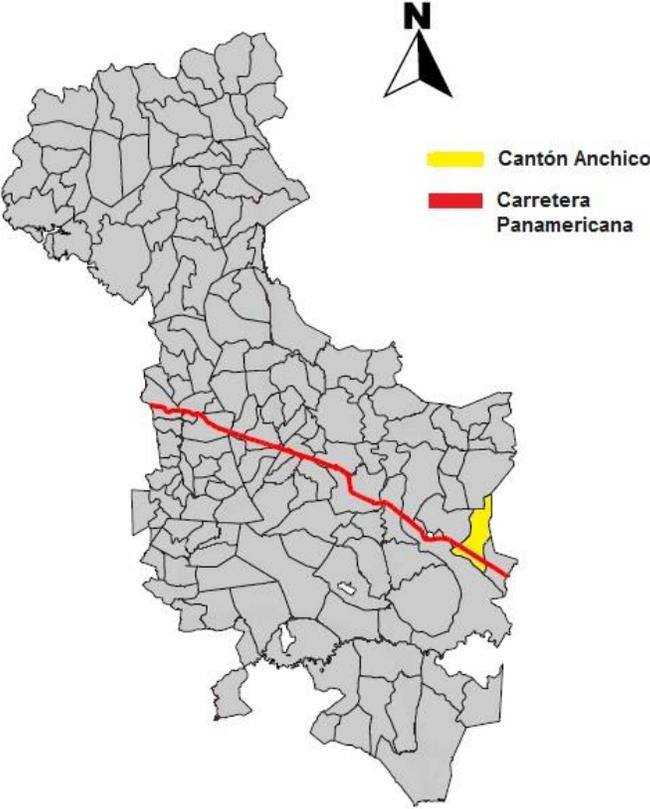
Figura 22. Condiciones habitacionales.

- **Red Vial**

La infraestructura vial con la que cuenta Anchico es la Carretera Panamericana (CA-1) como principal que se conduce al Municipio de San Miguel y la Ciudad de La Unión, esta se encuentra en mal estado y su uso es fundamental.

Como carretera secundaria es la que se dirige hacia Anchico y su estado es medio ya que es una calle solo balastada, y su estado cambia debido a épocas lluviosas ya que se pone muy lodosa y se generan orificios en el centro de ella, y en épocas calurosas su estado es seco y polvosa.

Sus calles terciarias se generan en base a desvíos que van a dar a caseríos alrededor de todo el Cantón Anchico. Su estado es muy malo ya que son de tierra y que no han sufrido ningún cambio de mejoramiento.



(A)



(B)

Figura 23. (A) Se puede observar el desvío hacia el Cantón Anchico y (B) estado del acceso vial en época seca (calle secundaria).

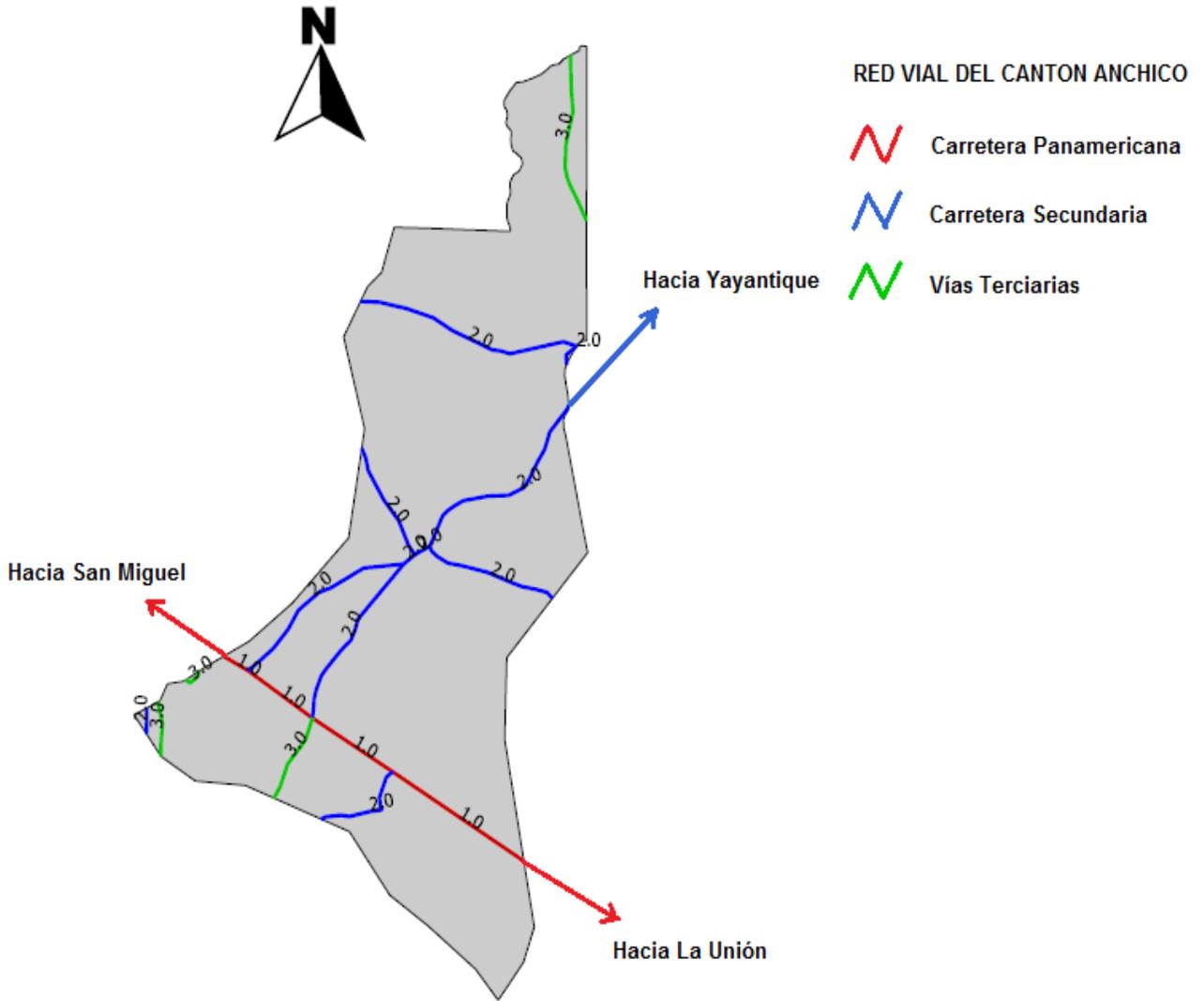


Figura 24. Red vial del Cantón Anchico.

Fuente: software GvSig.

Siendo:

1.0: Vía primaria (Carretera Panamericana)

2.0: Vía secundaria

### 3.0: Vía terciaria

- **Energía eléctrica**

El 100% de la vivienda cuenta con cobertura de energía eléctrica.



Figura 25. Cobertura de energía eléctrica en la zona oriental del Cantón Anchico.

- **Educación**

Existe solamente un centro escolar, el Centro Escolar del Cantón Anchico con un total de 165 alumnos, con cobertura desde parvularia hasta noveno.



Figura 26. Escuela del Cantón Anchico ubicada a 1.9 Km del desvío sobre la Carretera Panamericana hacia La Unión.

- **Salud**

No se cuenta con Unidad de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (MSPAS).

- **Principales causas de morbilidad.**

No.	Causas
1	IRAS (Infecciones respiratorias agudas)
2	Enfermedades diarreicas
3	HTA (Hipertensión arterial)
4	Amibiasis
5	Neumonía
6	Varicela
7	Mordido por animal
8	Influenza

. Tabla 7. Enfermedades más comunes en los habitantes del Cantón Anchico.

**Fuente:** Promotor de salud

En la tabla 7, se identifican las características epidemiológicas del Cantón Anchico, detallando las primeras 8 enfermedades que la población adolece.

- **Saneamiento ambiental**

Los habitantes poseen inodoro lavable y letrinas, existe un riesgo de contaminación de los mantos acuíferos.

La comunidad no cuenta con servicios de recolección de desechos sólidos, por lo que estos son depositados en diversos sitios.

- **Emigración.**

La emigración de la población se da principalmente hacia los Estados Unidos, y es básicamente por los bajos ingresos económicos que se obtienen en la zona, y por la falta de fuentes de empleo con capacidad de absorber a la mayoría de la población desempleada. Esta se da principalmente en jóvenes, lo cual se constató en los talleres realizados, en donde los participantes manifestaron que los jóvenes de la mayoría de las comunidades emigran antes de alcanzar los 18 años.

- **Agua potable**

No se cuenta con sistema de agua potable, los habitantes se abastecen de agua a través de pozos artesanales y del Río Huiscoyol.



Figura 21. Pozo artesanal con un sistema de extracción de agua por medio de bomba interna y tubería de PVC.

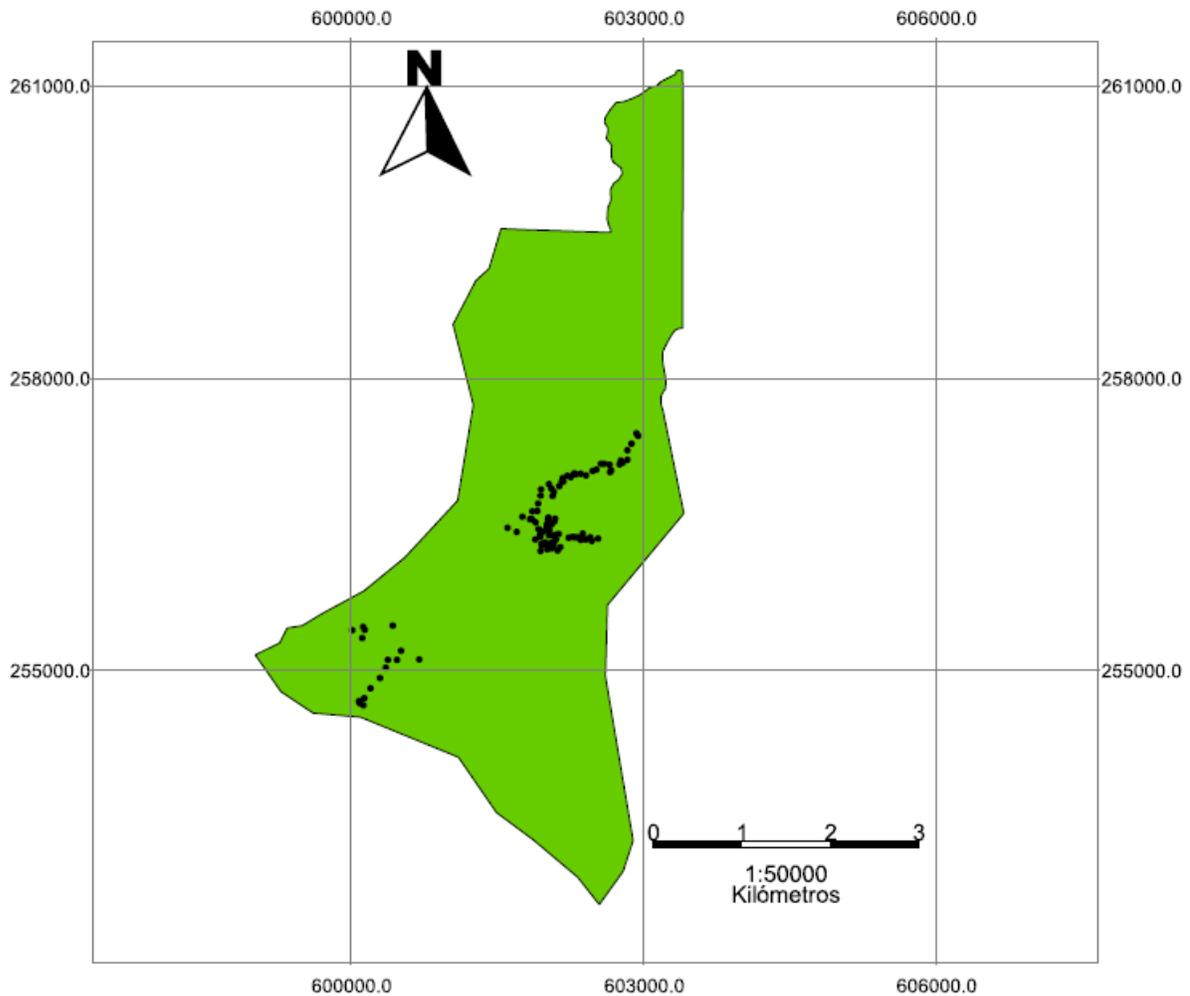


Figura 22. Ubicación de las fuentes de agua (pozos) del Cantón Anchico.

- **Alcantarillado Sanitario**

No se cuenta con sistema de tuberías de aguas negras, las aguas grises en el Cantón Anchico van directamente a las calles y luego al Río Huiscoyol.

- **Aspectos organizacionales, institucionales y legales**

En esta parte se incluyen las principales organizaciones locales, cuya presencia es relevante en el quehacer de la misma e instituciones gubernamentales o no gubernamentales que dan aportes a las actividades de los pobladores.

- **Organización local**

Con relación a la organización comunitaria el tipo de organización más común es la Asociación de Desarrollo Comunitario (ADESCO), seguido de las directivas escolares y los comités de salud.

A excepción de las ADESCO, el resto de las organizaciones funcionan bajo condiciones de informalidad legal ya que no cuentan con reconocimiento jurídico y por lo tanto muchas operan como organizaciones temporales que responden a ofertas de proyectos o actividades puntuales sin contar con objetivos de largo plazo que regulen su funcionamiento.

### **3.4 SITUACION AMBIENTAL DEL CANTON ANCHICO**

Existe un incremento de la degradación de las áreas de bosque en el cantón, predominantemente debido a cambio de uso del suelo con fines productivos o por explotación de madera; de igual forma, hay una importante explotación de los recursos bióticos bajo régimen de protección.

El aumento de la deforestación en las distintas zonas del lugar, produce aumento de la escorrentía superficial, la erosión de suelos, disminución de la capacidad de infiltración de agua, afectando la disponibilidad de agua en las fuentes de donde se abastece la comunidad. El uso de quema de rastrojos para la preparación del suelo, provoca deterioro de la capa superficial de esta, aumenta la evaporación del agua, destruye la micro fauna del suelo y la materia orgánica, afectando la infiltración y retención de agua.

- **Prácticas agrícolas y asistencia técnica**

Uso de agroquímicos: para la producción agropecuaria es bastante común la utilización de herbicidas, insecticidas y fertilizantes. La aplicación de fertilizantes se realiza predominantemente en el cultivo de maíz.



Figura 23. Cultivo de maíz en época de invierno septiembre 2016.

- **Quemas e incendios forestales**

La incidencia de incendios forestales genera degradación de los recursos naturales y con ello a la biodiversidad en un territorio determinado. Los incendios provocados por las quemas agrícolas, generalmente se hacen con mucho descuido sin ningún tipo de control por parte de las personas al momento de quemar la maleza para su posterior cultivo de las tierras.

- **Asistencia técnica y capacitación**

Los productores reciben asistencia técnica y capacitación por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería que brinda asistencia en producción del ganado y su mantenimiento.

### **3.5 SITUACION ESPECÍFICA DEL RECURSO HIDRICO**

Las fuentes de agua en la comunidad se encuentran en propiedades privadas, esto quiere decir que cada familia cuenta con pozos artesanales que abastecen a

la población durante todo el año, tanto para actividades del hogar como productivas, principalmente uso doméstico, lo cual en algunos casos provoca conflictos de uso de agua y limitantes en acciones de protección y/o conservación del recurso hídrico.

Actualmente en el Cantón Anchico el recurso hídrico se encuentra en un déficit muy alto debido a la sequía, la cual ha causado que el nivel freático baje considerablemente aumentando así la problemática de abastecimiento del vital líquido.

### **3.5.1 Principales problemas en zona hidrográfica.**

Los principales problemas identificados por la población en las entrevistas de consulta realizadas en la comunidad, se describen a continuación. El análisis de cada uno de ellos en función de causas, efectos y posibles soluciones, fue realizado por los participantes, en un proceso muy participativo. Se presentan los más relevantes desde el punto de vista ambiental y socioeconómico.

- **Ambientales**

En este grupo se identificaron los siguientes: contaminación de agua, contaminación de suelos, deforestación, erosión de suelos, deslizamientos, incendios forestales y manejo inadecuado de desechos sólidos.

<b>PROBLEMAS</b>	<b>CAUSAS</b>	<b>EFFECTOS</b>	<b>POSIBLES SOLUCIONES</b>	<b>ACTORES INVOLUCRADOS</b>
<b>Contaminación de agua:</b> Se presenta más en la parte media y baja, por el arrastre de material fecal de origen animal y humano, y de materiales orgánicos en general.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe un sistema de recolección de basura.</li> <li>- No existe un botadero oficial, lo que produce botaderos clandestinos.</li> <li>- Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> <li>- No existen recipientes de basura en lugares públicos. - Uso inadecuado y excesivo de agroquímicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proliferación de enfermedades gastrointestinales (EDAS).</li> <li>- Afecta la producción agropecuaria.</li> <li>- Se afecta la supervivencia de la diversidad biológica.</li> <li>- Reducción de la cantidad de agua para consumo humano.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar obras de conservación de suelos.</li> <li>- Campañas de educación ambiental.</li> <li>- Implementación de un plan de tratamiento de desechos sólidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Centros escolares.</li> <li>- CENTA, MAG (hacen visitas periódicas).</li> <li>- Unidades de salud.</li> </ul>
<b>Contaminación de los suelos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- No existe un sistema de recolección de basura.</li> <li>- No existe un botadero oficial.</li> <li>- Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> <li>- No existen recipientes de basura en lugares públicos. - Uso inadecuado y excesivo de agroquímicos.</li> <li>- No existe una ordenanza municipal.</li> <li>- La falta de un sistema de tratamiento, drenaje para aguas negras y servidas.</li> <li>- Mal uso de las fuentes de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción del atractivo de lugares con potencial turístico.</li> <li>- Afecta la producción agropecuaria.</li> <li>- Suelos con baja fertilidad.</li> <li>- Acidificación de los suelos.</li> <li>- Perdidas económicas por la baja productividad de los suelos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar obras de conservación de suelos.</li> <li>- Campañas de educación ambiental.</li> <li>- Capacitación de productores agrícolas.</li> <li>- Implementación de un plan de tratamiento de desechos sólidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Centros escolares.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> </ul>
<b>Deforestación.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilización de leña como fuente de energía.</li> <li>- Aumento de áreas para la producción agrícola.</li> <li>- Creación de zonas de vivienda, vías de acceso.</li> <li>- Incumplimiento de la ley forestal.</li> <li>- Incendios forestales.</li> <li>- Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducción de la biodiversidad.</li> <li>- Erosión de suelo. - Aumento de la escorrentía superficial.</li> <li>- Deslizamientos de tierra.</li> <li>- Reducción de infiltración de agua.</li> <li>- Alteración del clima.</li> <li>- Pérdida de áreas con potencial turístico.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Campañas de educación ambiental.</li> <li>- Implementar programas de reforestación.</li> <li>- Implementación de obras de conservación de suelos.</li> <li>- Promover los sistemas agroforestales.</li> <li>- Mayor presencia de la alcaldía para el cumplimiento de la ley forestal.</li> <li>- Búsqueda de mecanismos de pago por servicios ambientales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> <li>- ADESCO.</li> </ul>

<p><b>Erosión de los suelos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La deforestación. - Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> <li>- Incendios forestales.</li> <li>- Ausencia de obras y prácticas de conservación de suelo.</li> <li>- Poca cobertura vegetal.</li> <li>- El cambio de uso de suelo, en zonas agrícolas.</li> <li>- Practicas inadecuadas de manejo de cultivos.</li> <li>- El tipo de suelos.</li> <li>- Pendientes pronunciadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sedimentación en los cuerpos de agua.</li> <li>- Creación de cárcavas en zonas de laderas.</li> <li>- Perdida de áreas con potencial agrícola.</li> <li>- Suelos con baja fertilidad.</li> <li>- Riesgos por deslizamientos para los habitantes en zonas de ladera.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementación de obras de conservación de suelos.</li> <li>- Implementar campañas de Educación ambiental.</li> <li>- Implementar campañas de reforestación.</li> <li>- Tecnificación para el manejo de los cultivos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> </ul>
<p><b>Incendios forestales.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prácticas agrícolas inapropiadas (quema de rastrojos).</li> <li>- Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Erosión de suelos.</li> <li>- Perdida de la fertilidad de los suelos.</li> <li>- Reducción del micro flora del suelo.</li> <li>- Extinción de algunas especies vegetales y animales.</li> <li>- Migración de animales silvestres.</li> <li>- Reducción del área de bosques naturales.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar campañas de educación ambiental.</li> <li>- Implementar campañas de reforestación.</li> <li>- Capacitación de productores agrícolas sobre el manejo y uso adecuado de rastrojos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> <li>- ADESCO.</li> </ul>
<p><b>Deslizamientos.</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Deforestación.</li> <li>- El alto grado de erosión de los suelos en la zona.</li> <li>- Falta de implementación de obras de conservación de suelos.</li> <li>- Fuertes pendientes en la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Arrastre de sedimentos de suelo al río.</li> <li>- Riesgo para las poblaciones en zonas de ladera.</li> <li>- Obstrucción total ó parcial del caudal natural del río.</li> <li>- Alteración de la composición química natural del agua del río.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar obras de conservación de suelo.</li> <li>- Creación de comité comunal para la prevención y control de desastres naturales.</li> <li>- Implementar campañas de educación ambiental.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> <li>- ADESCO, protección civil.</li> </ul>

<b>Manejo inadecuado de los desechos sólidos.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de un botadero oficial de basura.</li> <li>- No existe servicio de recolección de basura.</li> <li>- Falta de conciencia y educación ambiental en la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Aparición de focos de infección.</li> <li>- Contaminación de mantos acuíferos.</li> <li>- Reducción del atractivo de lugares con potencial turístico.</li> <li>- Contaminación de suelos y aire.</li> <li>- Proliferación de enfermedades en la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar campañas de educación ambiental.</li> <li>- Implementar programas de tratamiento de desechos sólidos.</li> <li>- Capacitaciones a productores agrícolas sobre el uso y manejo adecuado de los agroquímicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- Habitantes.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> <li>- MARN.</li> <li>- Ministerio de Salud.</li> <li>- Centros educativos.</li> </ul>
---	---	--	---	--

Tabla 8. Análisis de los principales problemas ambientales de la zona hidrográfica del Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, El Salvador. **Fuente:** Entrevista a los residentes del Cantón Anchico

- **Socioeconómicos**

En este grupo se identificaron los siguientes: insuficiente cobertura de servicios básicos de salud, agua domiciliar, energía eléctrica; mal estado de las calles internas en la comunidad; bajos niveles de participación en las asociaciones de desarrollo comunitario, así como baja productividad agrícola, elevados costos de los insumos y la falta de empleos.

PROBLEMAS	CAUSAS	EFFECTOS	POSIBLES SOLUCIONES	ACTORES INVOLUCRADOS
<b>Insuficiente cobertura de los servicios de salud para la población.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Insuficiente recurso humano capacitado en atención médica, en el Cantón Anchico.</li> <li>- Falta de infraestructura adecuada.</li> <li>- Poca capacidad de gestión por parte de la ADESCO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alta incidencia de enfermedades respiratorias y gastrointestinales en la población.</li> <li>- Aumento del costo por traslado a otros centros de salud.</li> <li>- Aumento del gasto familiar por la compra de medicamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implementar proyecto para la construcción de dispensario o unidad de salud.</li> <li>- Contratación de personal calificado.</li> <li>- Organización comunitaria para la gestión de medicamentos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Ministerio de Salud.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> </ul>
<b>Poca cobertura de agua domiciliar.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca capacidad de gestión de las comunidades.</li> <li>- Mal manejo de las fuentes de agua existentes.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Proliferación de enfermedades.</li> <li>- Preparación de alimentos sin su adecuada limpieza.</li> <li>- Fuerte inversión económica y de tiempo para la obtención de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Construcción de tanques o reservorios.</li> <li>- Promover métodos de captación y almacenamiento de agua lluvias.</li> <li>- Campañas de educación ambiental.</li> <li>- Organización y gestión comunitaria para incrementar la cobertura de agua.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ADESCO.</li> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> </ul>
<b>Bajos niveles de participación en la ADESCO.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Baja motivación de los integrantes de las asociaciones.</li> <li>- Falta de liderazgo, compromiso e iniciativa social.</li> <li>- Falta de interés por parte de la población.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca gestión y ejecución de Proyectos.</li> <li>- Poco desarrollo social de las comunidades.</li> <li>- Poca participación en la toma de decisiones a nivel comunitario.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Programas de capacitación, Selección y formación de nuevos líderes comunales.</li> <li>- Capacitación en fortalecimiento de la ADESCO.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> </ul>

<b>Mal estado de las vías de acceso internas.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de mantenimiento.</li> <li>- Poca gestión de la ADESCO para la implementación de proyectos.</li> <li>- Pocas obras de mitigación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dificultad para el traslado de la producción agrícola y de los pobladores.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización y gestión comunitaria para el mantenimiento de calles.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ADESCO.</li> <li>- Habitantes.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> </ul>
<b>Baja productividad agrícola.</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Poca capacitación a los productores sobre el manejo de cultivos.</li> <li>- Falta de recursos económicos para la producción.</li> <li>- Utilización de semillas criollas.</li> <li>- Existencia de conflictos de uso de suelos.</li> <li>- Incidencia de plagas y enfermedades en los cultivos.</li> <li>- Sobre uso de agroquímicos en los suelos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos rendimientos agrícolas.</li> <li>- Acidificación de los suelos.</li> <li>- Pérdidas económicas.</li> <li>- Demanda insatisfecha de mercado local.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Capacitaciones y asistencia técnica a productores agrícolas sobre el manejo de cultivos y uso adecuado de plaguicidas.</li> <li>- Gestión de la ADESCO y alcaldía, para la implementación de proyectos de carácter agrícola.</li> <li>- Implementación de obras de conservación de suelos.</li> <li>- Adquisición de semillas certificadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> </ul>
<b>Elevados costos de insumos agrícolas</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falta de organización y gestión, para la adquisición de insumos agrícolas en conjunto.</li> <li>- Elevado costo del combustible.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Bajos rendimientos agrícolas.</li> <li>- Baja rentabilidad.</li> <li>- Tierras sin uso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización comunitaria.</li> <li>- Capacitación de productores agrícolas sobre la elaboración de composteras y uso de abonos orgánicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Alcaldía Municipal.</li> <li>- CENTA.</li> <li>- MAG.</li> </ul>
<b>Falta de empleos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitadas fuentes de trabajo en la zona.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Migración de la población.</li> <li>- Necesidades de canasta básica insatisfecha.</li> <li>- Pobreza y delincuencia rural.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Organización comunitaria y gestión ante diversas instituciones.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Habitantes.</li> <li>- ADESCO.</li> <li>- Gobiernos locales.</li> </ul>

Tabla 9. Análisis de los principales problemas socioeconómicos, subcuenca del Río Huiscoyol de Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, El Salvador.

**Fuente:** Entrevista a los residentes del Cantón Anchico.

## **CONCLUSIONES DEL DIAGNOSTICO**

- La mayor parte de la zona es de uso agrícola, esta a su vez, depende en gran medida del recurso hídrico ya que sin ella los agricultores no podrían producir.
- La ganadería es otra fuente de abastecimiento económico y estos también demandan altos volúmenes de agua en la zona.
- El único medio que tiene el Cantón Anchico para acceder al agua es por medio de pozos.
- En la sub-cuenca del Rio Huiscoyol, refiriéndonos a la parte alta y media la topografía desfavorece a los habitantes de la parte alta, debido a que el nivel freático se encuentra aproximadamente 30 metros de profundidad.

# **CAPITULO IV**

## **BALANCE HIDRICO**

## 4.1 ESQUEMA DEL BALANCE HIDRICO ELABORADO EN LA ZONA DE ESTUDIO

Este modelo representativo es tomado por el modelo que utiliza el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador, para lo cual tenemos:

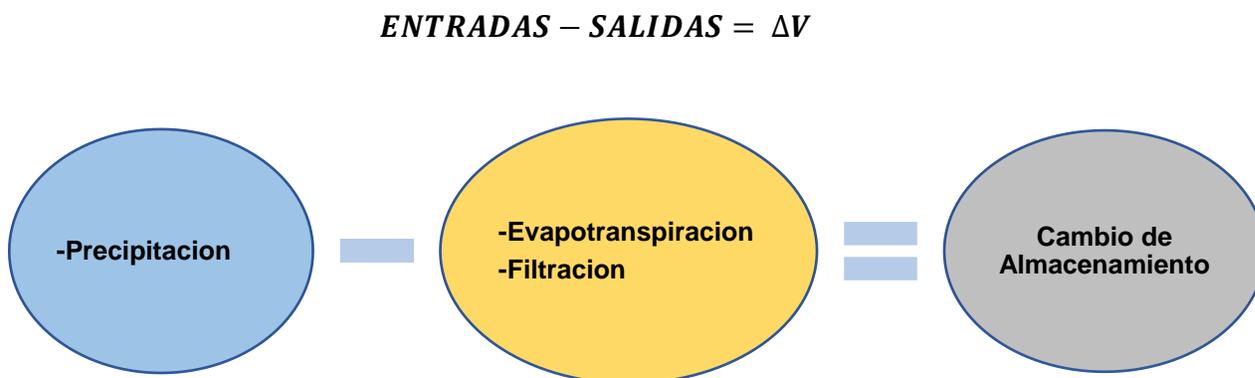


Figura 24. Esquematización del Balance Hídrico.

## 4.2 RESULTADOS DEL BALANCE HIDRICO

### 4.2.1 PARÁMETROS DE ENTRADA

#### 4.2.1.1 Precipitación

La precipitación es el parámetro principal de entrada del recurso hídrico a una zona o cuenca.

Por medio de la precipitación los caudales de los ríos aumentan y también los niveles freáticos, en otras palabras por medio de la precipitación tanto zonas y cuencas se recargan de agua.

El Departamento de San Miguel se compone de 20 municipios, 31 cantones y 165 caseríos y en cada uno de ellos las precipitaciones varían una con respecto de la otra, esto quiere decir que la cantidad de lluvia que cae en un municipio no es necesariamente la que cae en otro, así mismo para cantones y caseríos.

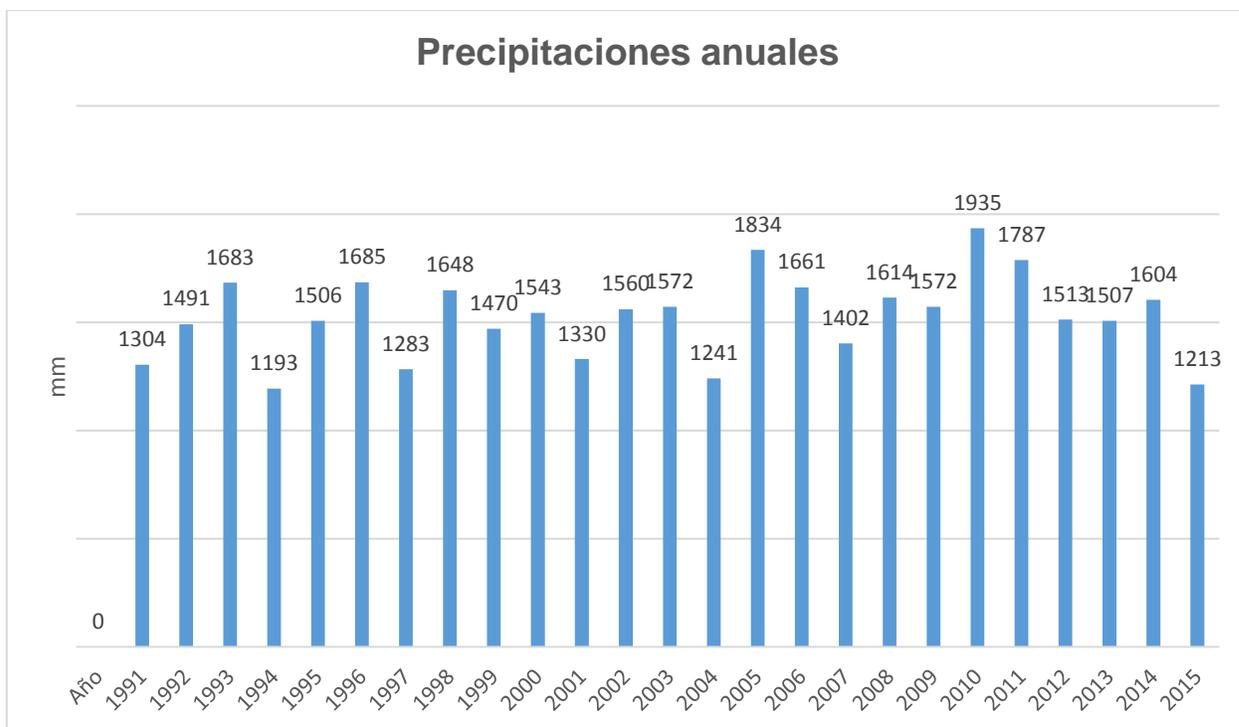


Figura 25. Precipitaciones Anuales de la Estación Geográfica San Miguel.

En la zona de estudio las precipitaciones varían en comparación con otras zonas cercanas, esto quiere decir que cuando llueve en el centro de San Miguel por ejemplo, en el Cantón Anchico no ha caído ni un milímetro de agua o a llovido en ambas pero en el centro de San Miguel más que en el Cantón Anchico, como se ve en el siguiente cuadro:

CANTON ANCHICO		SAN MIGUEL	
Fecha	Precipitación (mm)	Fecha	Precipitación (mm)
04/05/2016	0	04/05/2016	11.8
04/06/2016	0	04/06/2016	21.7
30/07/2016	0	30/07/2016	13.4
20/08/2016	0	20/08/2016	4.3
27/09/2016	30	27/09/2016	44

Tabla 10. Comparativo de Precipitaciones entre Cantón Anchico y la Ciudad de San Miguel.

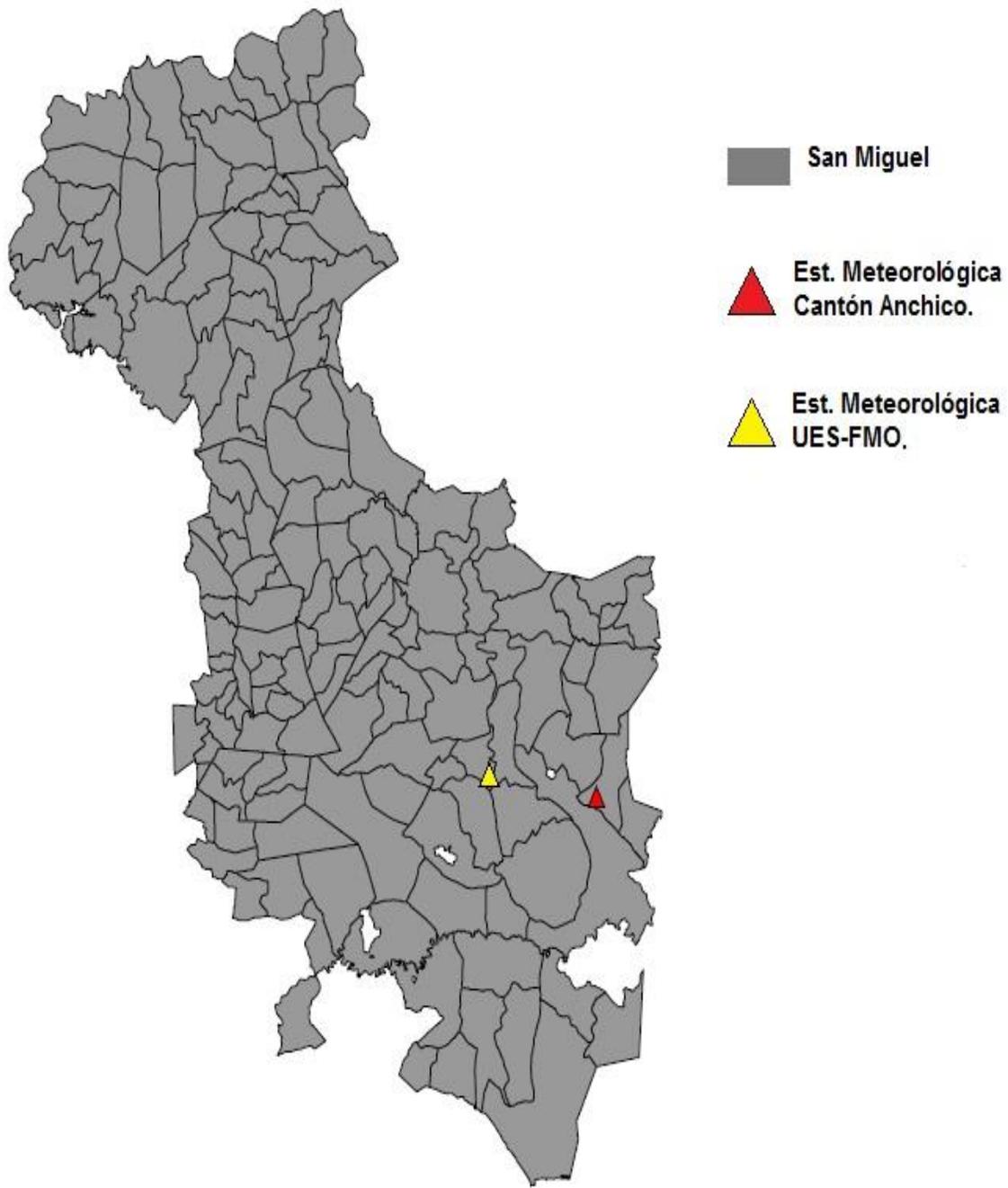


Figura 26. Estaciones a 12.3 km de distancia en línea recta.

Estación meteorológica	Coordenadas Lambert		Elevación (msnm)	Diferencia de elevación entre las dos estaciones
	X	Y		20 m
Cantón Anchico	600699	255118	97	
UES-FMO	592751	255854	117	

Tabla 10. Ubicación geográfica de estaciones meteorológicas. **Fuente:** Elaboración propia.

Esto nos obliga a hacer un estudio cercano al lugar y monitorear las precipitaciones que caen directamente en la zona, pero antes de hacer lo que se mencionó al inicio de este párrafo se mostrara una gráfica con el objetivo de observar y tener una clara visión de las precipitaciones que han caído en el Departamento de San Miguel, sabiendo que la estación que recoge estos datos estuvo en el lugar conocido como El Papalón y actualmente se encuentra operando en la Universidad de El Salvador Facultad Multidisciplinaria Oriental, ambas zonas ubicadas en el Municipio de San Miguel.

A continuación se muestran las precipitaciones para el departamento de San Miguel y para el Cantón Anchico del año 2016 (hasta septiembre).

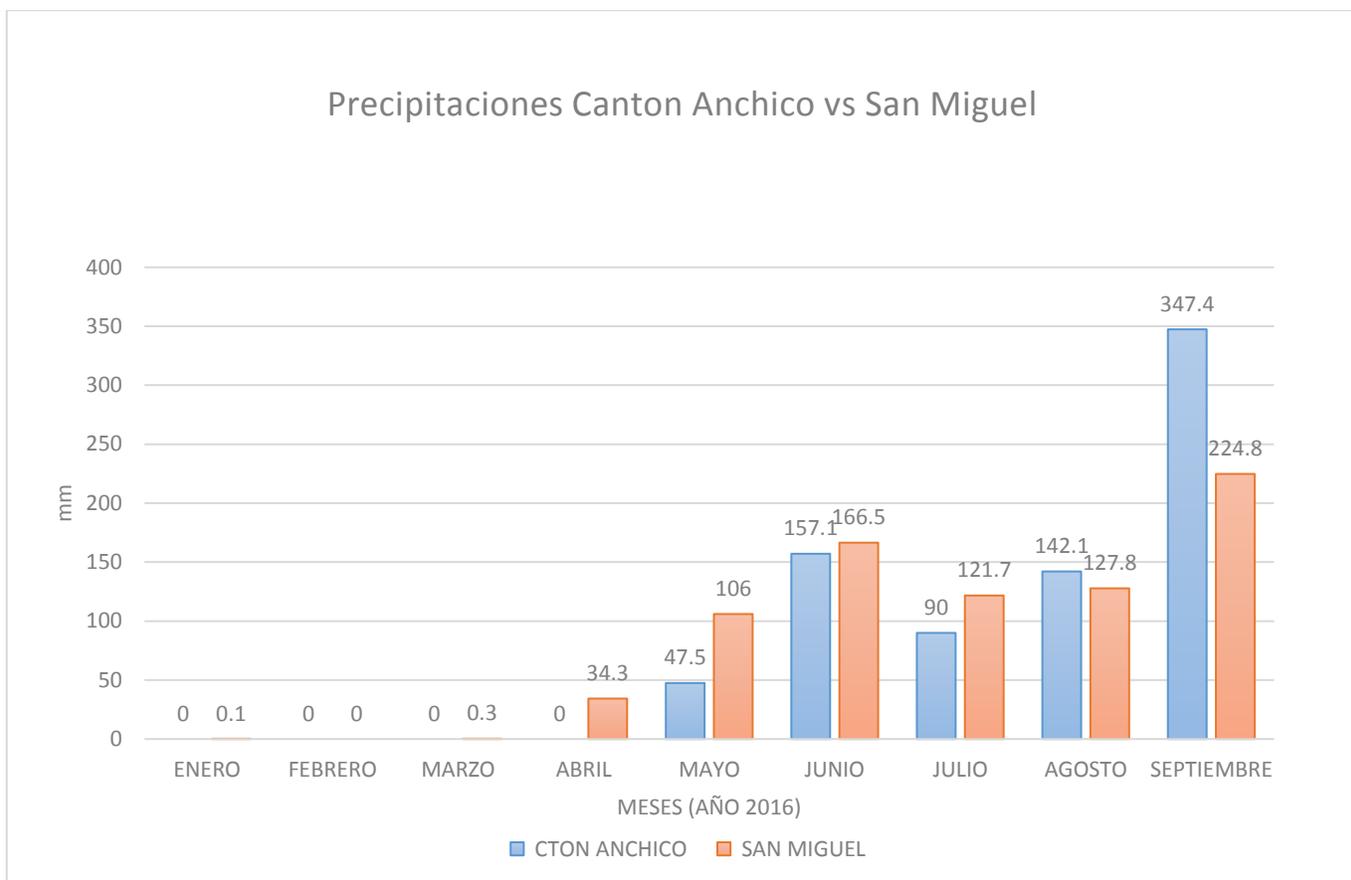


Figura 27. Gráfico de las precipitaciones recolectadas por la estación ubicada en el Cantón Anchico y la estación para el departamento de San Miguel.

En la gráfica se puede observar que para los meses de enero y marzo la estación meteorológica detecto poca lluvia en San Miguel, pero el pluviómetro ubicado en el Cantón Anchico no colecto ni una gota de lluvia, así mismo para el mes de abril.

En mayo y junio se reflejan precipitaciones simultáneas, con la diferencia que en el Cantón Anchico se tienen precipitaciones menores (47.5 mm) a las obtenidas para la estación meteorológica del Departamento de San Miguel (106 mm) para el mes de mayo y viceversa para el mes de junio (196.6 mm de lluvia para Cantón Anchico y 161.5 mm de lluvia para San Miguel), y así para los meses de julio, agosto y septiembre se observan los mismos comportamientos, como lo muestra la siguiente tabla:

<b>CANTON ANCHICO</b>		<b>SAN MIGUEL</b>	
<b>ENERO</b>	0	<b>ENERO</b>	0.1
<b>FEBRERO</b>	0	<b>FEBRERO</b>	0
<b>MARZO</b>	0	<b>MARZO</b>	0.3
<b>ABRIL</b>	0	<b>ABRIL</b>	34.3
<b>MAYO</b>	47.5	<b>MAYO</b>	106
<b>JUNIO</b>	196.6	<b>JUNIO</b>	166.5
<b>JULIO</b>	90	<b>JULIO</b>	121.7
<b>AGOSTO</b>	142.1	<b>AGOSTO</b>	127.8
<b>SEPTIEMBRE</b>	347.4	<b>SEPTIEMBRE</b>	224.8
<b>TOTAL</b>	823.6	<b>TOTAL</b>	781.5

Tabla 11. Precipitaciones acumuladas de los primeros 9 meses del año captadas en el Cantón Anchico y la Ciudad de San Miguel

Se observa que para el año 2016 los valores de precipitación del Cantón Anchico hasta el mes de septiembre son superiores comparadas con las precipitaciones registradas en San Miguel con una diferencia de 42.1 mm de lluvia.

A continuación se muestra una gráfica comparativa de las precipitaciones obtenidas de la estación ubicada en el Cantón Anchico para los años 2015 y 2016.

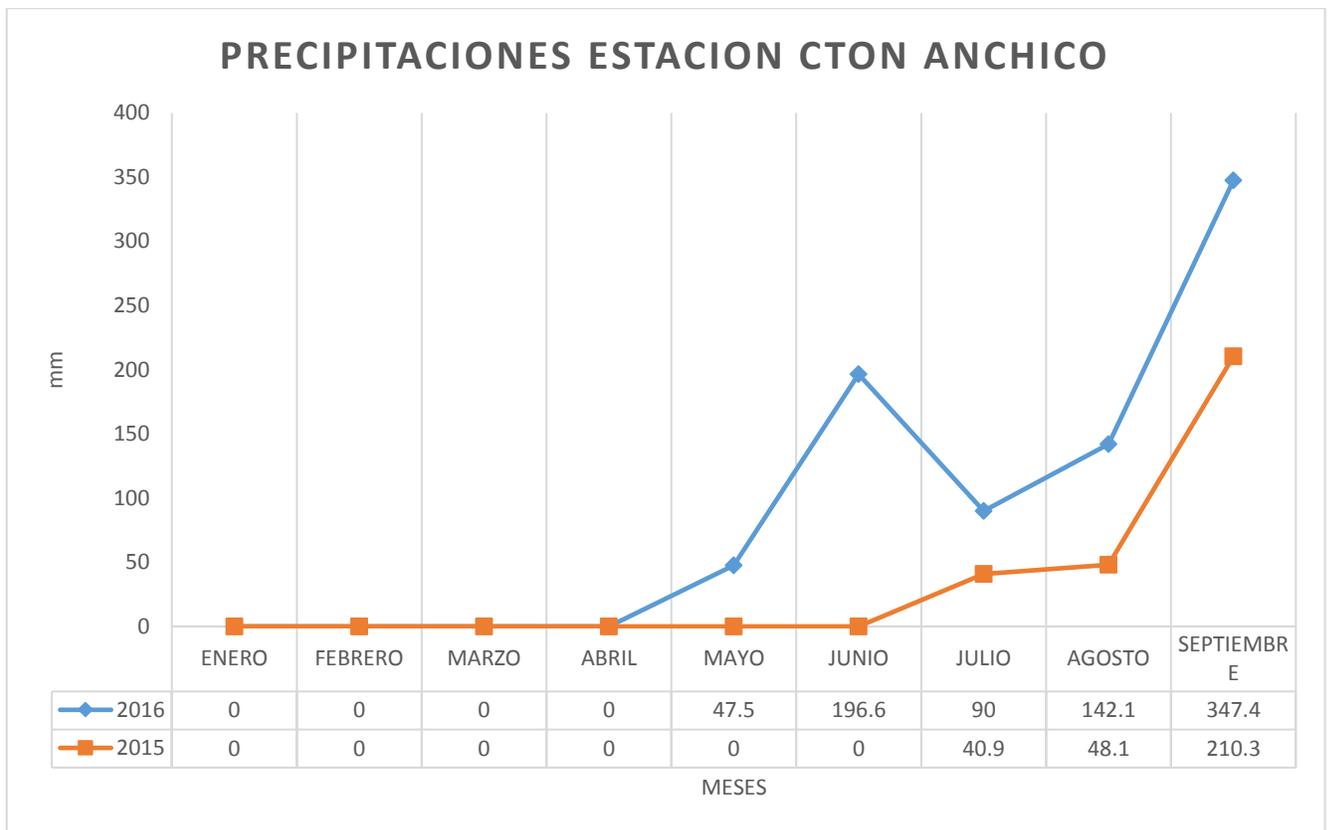


Figura 28. Comportamiento de precipitaciones según estación del Cantón Anchico.

Se observa que la línea que muestra la precipitación para el año 2016 siempre se mantiene por arriba de la que muestra la lluvia para el 2015, dando a entender que las precipitaciones fueron mayores para el año 2016. En efecto en el año 2015 la sequía que vivieron los habitantes fue muy extrema, el Río Huiscoyol presentó escorrentía hasta a finales de octubre y terminó a finales de noviembre, los pozos se vieron severamente afectados disminuyendo la posibilidad de obtener el agua, la agricultura fue golpeada gravemente y muchas siembras de maíz se secaron. Para el 2016 se observó el cambio aunque este fue poco significativo, la zona de estudio aún está en crisis en lo referente al recurso hídrico.

Año 2015		Año 2016 (hasta septiembre)	
Cantón Anchico	San Miguel	Cantón Anchico	San Miguel
757.9 mm	1213 mm	823.6mm	781.5mm

Tabla 12. Comparativo de las precipitaciones acumuladas

En 2015 la diferencia de precipitaciones fue muy alta, mientras que para el 2016 las lluvias resultan casi iguales hasta el mes de septiembre.

## 4.2.2 PARÁMETROS DE SALIDA

### 4.2.2.1 Filtración

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de campo para la determinación de la permeabilidad de los suelos en la zona hidrográfica del Cantón Anchico.

Pruebas de infiltración por medio del método Porchet.



Figura 29. Perforación de agujero para implementación del método Porchet.

Prueba N°1

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	9:15	9:45	0	16	16
2	9:45	10:15	16	18.6	2.6
3	10:15	10:45	18.6	20.7	2.1
4	10:45	11:15	20.7	22.3	1.6

Prueba N°2

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	9:00	9:30	0	11.2	11.2
2	9:30	10:00	11.2	15.2	4.0
3	10:00	10:30	15.2	17.1	1.9
4	10:30	11:00	17.1	18.4	1.3

Prueba N°3

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	10:00	10:30	0	11.4	11.4
2	10:30	11:00	11.2	14.7	3.5
3	11:00	11:30	14.7	16	2.7
4	11:30	12:00	16	16.8	0.8

Prueba N°4

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	11:00	11:30	0	9.8	9.8
2	11:30	12:00	9.8	12.4	2.6
3	12:00	12:30	12.4	15	3.4
4	12:30	1:00	15	17	2.0

Tabla 13. Resumen de los resultados de pruebas de permeabilidad por el método del método Porchet.

La determinación de la capacidad de infiltración se hizo por medio de la ecuación de Gunther Shonsinsky & Losilla, 2000 en diferentes puntos de la zona en estudio.

$$K_{fc} = 0.267 \ln(fc) - 0.000154fc - 0.723$$

Para aplicar esta ecuación, el rango de  $f_c$  ha de encontrarse entre 16 a 1568 mm/día. Para valores de  $f_c$  menores a 16 mm/día,  $K_{fc} = 0,0148f_c/16$ .

Para valores de  $f_c$  mayor a 1568 mm/día,  $K_{fc} = 1$ .

Con las observaciones mencionadas en el párrafo anterior, el cálculo del coeficiente de infiltración por textura del suelo, se hará con la primera ecuación ya que los valores de  $f_c$  corresponden al rango entre 16 a 1568 mm/día.

Además del coeficiente de infiltración debido a la textura del suelo, influye la pendiente del terreno y la vegetación. Estos coeficientes, vienen a conformar el coeficiente de infiltración del suelo ( $C_i$ ), basado en la siguiente ecuación (ONU, 1972):

Ecuación para el cálculo del coeficiente de infiltración del suelo:

$$C_i = K_p + K_v + K_{fc}$$

<b>Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky &amp; Losilla, 2000).</b>		
<b>Por pendiente</b>	<b>Pendiente</b>	<b>Kp</b>
Muy plana	0,02%-0,06%	0,30
Plana	0,3%-0,4%	0,20
Algo plana	1%-2%	0,15
Promedio	2%-7%	0,10
Fuerte	mayor de 7%	0,06
<b>Por cobertura vegetal</b>		
		<b>Kv</b>
Cobertura con zacate menos del 50%		0,09
Terrenos cultivados		0,10
Cobertura con pastizal		0,18
Bosques		0,20
Cobertura con zacate más del 75%		0,21

Tabla 14. Componentes del coeficiente de infiltración (Schosinsky & Losilla, 2000).

Obteniendo  $f_c$  de la primera prueba de infiltración:

$f_{c1}$  = última diferencia /30 minutos entre lecturas

$$f_{c1} = 1.6 \text{ cm}/30 \text{ min} = 0.0533 \text{ cm}/\text{min}$$

Convirtiendo unidades a mm/día:  $0.0533 \text{ cm}/\text{min} \times \frac{10 \text{ mm}}{1 \text{ cm}} \times \frac{1440 \text{ min}}{1 \text{ dia}} = 768 \text{ mm}/\text{dia}$

De igual manera se procede a calcular los demás valores de  $f_{c2}$ ,  $f_{c3}$  y  $f_{c4}$ .

$$f_{c2} = 624 \text{ mm}/\text{dia}$$

$$f_{c3} = 384 \text{ mm}/\text{dia}$$

$$f_{c4} = 960 \text{ mm}/\text{dia}$$

Obteniendo el promedio de  $f_c$ :

$$f_c = \frac{f_{c_1} + f_{c_2} + f_{c_3} + f_{c_4}}{4}$$

$$f_c = \frac{768 \text{ mm}/\text{dia} + 624 \text{ mm}/\text{dia} + 384 \text{ mm}/\text{dia} + 960 \text{ mm}/\text{dia}}{4}$$

$$f_c = 684 \text{ mm}/\text{dia}$$

Sustituyendo el promedio de  $f_c$  de las pruebas de infiltración en la formula respectiva:

$$K_{fc} = 0.267 \ln(684) - (0.000154)(684) - 0.723$$

$$K_{fc} = 0.915$$

Determinando fracción que infiltra por efecto de pendiente  $K_p$ :

$$\text{Pendiente de la zona hidrográfica} = \frac{200 \text{ m}}{8000 \text{ m}} \times 100\% = 2.5\%$$

De la tabla # 15 se obtiene  $K_p = 0.1$

Determinando fracción que infiltra por efecto de cobertura vegetal  $K_v$ :

De la tabla 15 se obtiene  $K_v = 0.1$

Sustituyendo valores en la ecuación de coeficiente de infiltración  $C_i$ :

$$C_i = K_p + K_v + K_{fc} = 0.1 + 0.1 + 0.915$$

$$C_i = 1.115$$

Como  $K_p + K_v + K_{fc}$  es mayor de 1, entonces  $C_i = 1$ .

En el cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente, se consideraron los siguientes factores: la precipitación mensual, la retención pluvial mensual en el follaje y el coeficiente de infiltración.

El cálculo de la precipitación que infiltra mensualmente ( $P_i$ ) al suelo, está dado por la siguiente ecuación:

$$P_i = (C_i) (P - Ret)$$

A manera de ejemplo se calculará la infiltración pluvial mensual para el mes de mayo:

Como para el mes de mayo se obtuvieron precipitaciones de 47.5 mm/mes > 5 mm/mes, se procederá a realizar el producto  $(P)(C_{fo})$  de donde se tomara  $C_{fo} = 0.12$  por la ausencia de bosques muy densos:

$$Ret = (47.5 \text{ mm/mes})(0.12) = 5.70 \text{ mm/mes}$$

Como 5.70 mm/mes > 5 mm/mes, entonces  $Ret = 5.70 \text{ mm/mes}$ ;

Sustituyendo valores en la ecuación de la precipitación que infiltra mensualmente:

$$P_i = (1)(47.5 \text{ mm/mes} - 5.70 \text{ mm/mes})$$

$$P_i = 41.8 \text{ mm/mes}$$

Escorrentía superficial para el mes de mayo:

$$ESC = P - Ret - P_i$$

$$ESC = 47.5 \text{ mm/mes} - 5.7 \text{ mm/mes} - 41.8 \text{ mm/mes}$$

$$ESC = 0$$

De esta manera se obtuvieron los datos para cada mes del año 2016 siendo estos los primeros 9 meses del año en donde podemos observar a partir de mayo y hasta septiembre los valores varían.

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep.
Infiltración (mm/mes)	0	0	0	0	41.8	173	79.2	125.05	305.71
Escorrentía (mm/mes)	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabla 15. Valores de infiltración medidos para cada mes, desde enero hasta septiembre.

#### 4.2.2.2 Evapotranspiración

##### 4.2.2.2.1 Evapotranspiración de referencia

No existe una diferenciación tan marcada en cuanto al periodo de análisis. Sin embargo se observa que se presenta la mayor pérdida de agua para el mes de abril seguido por el mes de marzo. El mes donde se registran las menores perdidas es el mes de septiembre.

MES	ETP
ENERO	5.1
FEBRERO	5.7
MARZO	6.4
ABRIL	6.7
MAYO	6.2
JUNIO	5.6
JULIO	5.8
AGOSTO	5.7
SEPTIEMBRE	5.0

Tabla 16. Valores de evapotranspiración proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente Y Recursos Naturales.

##### 4.2.2.2.2 Evapotranspiración de cultivo

La agricultura en la zona como ya se mencionó en los capítulos anteriores se basa en la siembra de maíz, maicillo y caña de azúcar; siendo los primeros dos cultivados por los habitantes de la zona y el ultimo por el ingenio Chaparrastique. Para ello se presentan los valores obtenidos por medio de la ecuación 4 del Capítulo II.

CAÑA DE AZUCAR	
ENERO	5.865
FEBRERO	6.555
MARZO	7.36
ABRIL	7.705
MAYO	7.13
JUNIO	6.44
JULIO	6.67
AGOSTO	6.555
SEPTIEMBRE	5.75

MAIZ	
ENERO	5.355
FEBRERO	5.985
MARZO	6.72
ABRIL	7.035
MAYO	6.51
JUNIO	5.88
JULIO	6.09
AGOSTO	5.985
SEPTIEMBRE	5.25
MAICILLO	
ENERO	5.355
FEBRERO	5.985
MARZO	6.72
ABRIL	7.035
MAYO	6.51
JUNIO	5.88
JULIO	6.09
AGOSTO	5.985
SEPTIEMBRE	5.25

Tabla 17. Cálculos utilizando coeficiente de cultivos de la tabla 2.

#### 4.2.2.2.3 Evapotranspiración real

En el Capítulo II se mencionó los factores que afectaban la evapotranspiración real y debido a estos los resultados son decrecientes de la ETP.

MES	E
ENERO	4.59
FEBRERO	5.13
MARZO	5.76
ABRIL	6.03
MAYO	5.58
JUNIO	5.04
JULIO	5.22
AGOSTO	5.13
SEPTIEMBRE	4.5

Tabla 18. Valores de evapotranspiración obtenidos utilizando la Ec. 4

### 4.3 BALANCE HIDRICO

Para obtener la disponibilidad del recurso hídrico con el que cuenta el Cantón Anchico se calculó el balance hídrico mediante los parámetros que se desglosan a continuación:

MES	E	F	M	A	M	Jun	Jul	A	S
<b>P</b>	0	0	0	0	47.5	196.6	90	142.1	347.4
<b>ETP</b>	5.1	5.7	6.4	6.7	6.2	5.6	5.8	5.7	5.0
<b>ET<sub>c</sub></b>	16.58	18.52	20.8	21.8	20.15	18.2	18.8	18.5	16.3
<b>ET<sub>r</sub></b>	4.59	5.13	5.76	6.03	5.58	5.04	5.22	5.13	4.5
<b>FIL</b>	0	0	0	0	41.8	173	79.2	125.05	305.71

Tabla 19. Datos obtenidos para el cálculo del Balance Hídrico de 9 meses en el año 2016, **FUENTE:** Autores de la evaluación.

Se hará uso de la ecuación mostrada en la figura 30, se obtuvo el valor de la disponibilidad hídrica para el Cantón Anchico en el Departamento de San Miguel en donde se utilizaron los parámetros que refleja la tabla 20. Los resultados obtenidos son los siguientes:

	ENTRADAS	SALIDAS
<b>PRECIPITACION</b>	823.6 mm	<b>ETP+ ET<sub>c</sub>+ ET<sub>r</sub></b> 268.83 mm
		<b>FILTRACION</b> 724.76 mm
<b>TOTAL</b>	<b>823.6 mm</b>	<b>993.59 mm</b>

$$ENTRADAS - SALIDAS = \Delta V$$

$$823.6 \text{ mm} - 993.59 \text{ mm} = -169.99 \text{ mm} \approx -170 \text{ mm}$$

$$\Delta V = -170 \text{ mm}$$

El estudio hace referencia a la única y principal entrada que es la precipitación, así como a las salidas más potenciales como lo son la evapotranspiración y la infiltración.

La ecuación de continuidad se basa en que la diferencia que se produce entre las entradas y las salidas se traduce en el agua que queda almacenada. Cualquier diferencia entre las entradas y las salidas deben reflejarse en un cambio en el almacenamiento de agua dentro del área estudiada.

Como se pudo observar en los capítulos anteriores en las imágenes correspondientes a: cuenca, vegetación, cultivo y condiciones del suelo en el área de estudio se refleja claramente el cambio negativo de almacenamiento de agua y su afectación en cada uno de ellos.

# **CAPITULO V**

## **ANALISIS DE RESULTADOS**

## **5.1 ANÁLISIS DEL BALANCE HÍDRICO**

El balance hídrico se basa en la ecuación de continuidad o balance de materia, es decir, el equilibrio de todos los recursos hídricos que ingresan al sistema y los que salen del mismo, cuando las entradas y las salidas son iguales no existen pérdidas ni excedentes en una zona hidrográfica y esta se mantiene estable y sostenible.

Como se muestra en el capítulo IV,  $\Delta V$  dio como resultado un número negativo ( $\Delta V = -170$ ), esto quiere decir que la zona de estudio presenta un déficit en el recurso hídrico ya que hacen falta 170 mm de lluvia para que en la zona exista un intercambio de agua equilibrado entre el suelo, plantas y cuenca. El balance es inestable y la sostenibilidad del agua se ve afectada por lo tanto se ven afectados todos los habitantes.

Este déficit afecta la agricultura en la zona específicamente con el maíz, ya que el maicillo es más resistente al ambiente seco y la caña de azúcar cosechada en la zona es monitoreada por el Ingenio Chaparrastique. El maíz es afectado ya que necesita más del agua para su desarrollo y producción y debido a la falta de lluvia y la contraparte que es la evapotranspiración que está absorbiendo la humedad, se ve la necesidad de crear un sistema de riego para la sostenibilidad del cultivo del maíz y poder producir sin caer en la preocupación de que las cosechas se pierdan.

## **5.2 BALANCE HÍDRICO Y LA DEMANDA VS PRODUCCIÓN DE LOS POZOS ARTESANALES**

Si bien es cierto el balance muestra un valor negativo que afecta grandemente los cultivos principalmente. Podemos pensar que la extracción de agua que producen los pozos es un apoyo para poder subsanar la falta de agua en los cultivos, pero se ha dejado claro que la demanda de agua extraída de los pozos no es lo suficiente para solventar las necesidades que representa cada vivienda de la muestra obtenida en la zona mucho menos para regar sus cultivos.

### 5.2.1 Volumen producido mediante pozos artesanales

Los pozos artesanales es el único medio por el cual los habitantes del Cantón Anchico extraen agua con seguridad para sus múltiples usos (doméstico, higiénico, agrícola etc.) en todos los meses del año, variando el volumen de agua que se extrae de estos pozos en verano e invierno, ya que en verano los pozos producen muy poca agua en comparación con la que producen para los meses de invierno hasta llegar a diciembre donde es más abundante y las personas pueden demandar más cantidades que en verano (testimonios de los habitantes del Cantón Anchico).

Enero	Primer trimestre	104.3 m <sup>3</sup>
Febrero		
Marzo		
Abril	Segundo trimestre	158.89 m <sup>3</sup>
Mayo		
Junio		
Julio	Tercer trimestre	235.29 m <sup>3</sup>
Agosto		
Septiembre		
<b>TOTAL</b>		<b>498.48 m<sup>3</sup></b>

Tabla 20. Cantidad de agua producida por pozos artesanales por trimestre.

La tabla refleja una muestra extraída de toda la población, en donde se monitoreo la producción promedio que generaron 100 pozos, ya sea en horario matutino o vespertino.

Cabe mencionar que en la zona de estudio se supo de la existencia de un pozo cuya producción abastece únicamente a trabajos agroindustriales específicamente caña de azúcar y que este afecta la producción de los demás pozos que existen en el lugar (testimonios de los habitantes del Cantón Anchico).



Figura 30. Caña de azúcar en su desarrollo medio (principios de agosto de 2016).



Figura 31. Planta donde se extrae el agua para riego de caña de azúcar con un caudal de 900 gpm.



Figura 32. Parte de la tubería (6´´) utilizada para el transporte del agua a toda el área donde se siembra la caña de azúcar.

A continuación se muestran la cantidad de agua que se utiliza para el riego de la caña de azúcar.

MESES	m <sup>3</sup>
Mayo - Noviembre	91,985.22

Tabla 21. Agua extraída para la irrigación de caña de azúcar para un área de 70 manzanas (49 Ha).

A continuación se detalla en la gráfica de pastel el porcentaje de rendimiento de agua para cada pozo del total de agua extraída por ambos pozos, siendo:

Pozo A: pozo industrial usado para irrigación de caña de azúcar exclusivamente

Pozo B: representa la muestra de pozos obtenida de la zona (100).



Figura 33. Porcentaje de agua para la población y porcentaje de agua para uso agroindustrial.

### 5.2.2 Demanda de agua

Enero	Primer trimestre	210.16 m <sup>3</sup>
Febrero		
Marzo		
Abril	Segundo trimestre	239.99 m <sup>3</sup>
Mayo		
Junio		
Julio	Tercer trimestre	240.62 m <sup>3</sup>
Agosto		
Septiembre		
<b>TOTAL</b>		<b>690.77 m<sup>3</sup></b>

Tabla 22. Agua utilizada por la población por trimestre.

Comparando el cuadro de demanda con el cuadro de producción de los pozos, se puede observar que las demandas de agua de la muestra extraída de la población son mayores que las producidas por los pozos artesanales.

Esto se debe a que en la mayoría de las viviendas los pozos no producen la suficiente y las personas tienen que buscar agua por otros medios o esperar a que sus pozos se recarguen lo suficiente de agua, para poder llenar nuevamente sus depósitos.

### **5.3 COMPARACION DE LA DEMANDA DE AGUA CON LA PRODUCIDA POR LOS POZOS ARTESANALES.**

En el Capítulo IV se observó la tendencia de cada uno de los parámetros involucrados en el balance hídrico, para conocer la disponibilidad de agua con la que cuenta el Cantón Anchico y como se ha mencionado en la justificación en el Capítulo I, la disponibilidad de agua en la zona es muy baja existe un déficit de agua general que afecta a la mayoría de las personas.

A continuación se muestra la gráfica comparativa de los volúmenes extraídos de agua y la demanda por vivienda para el periodo de enero a Septiembre del año 2016:

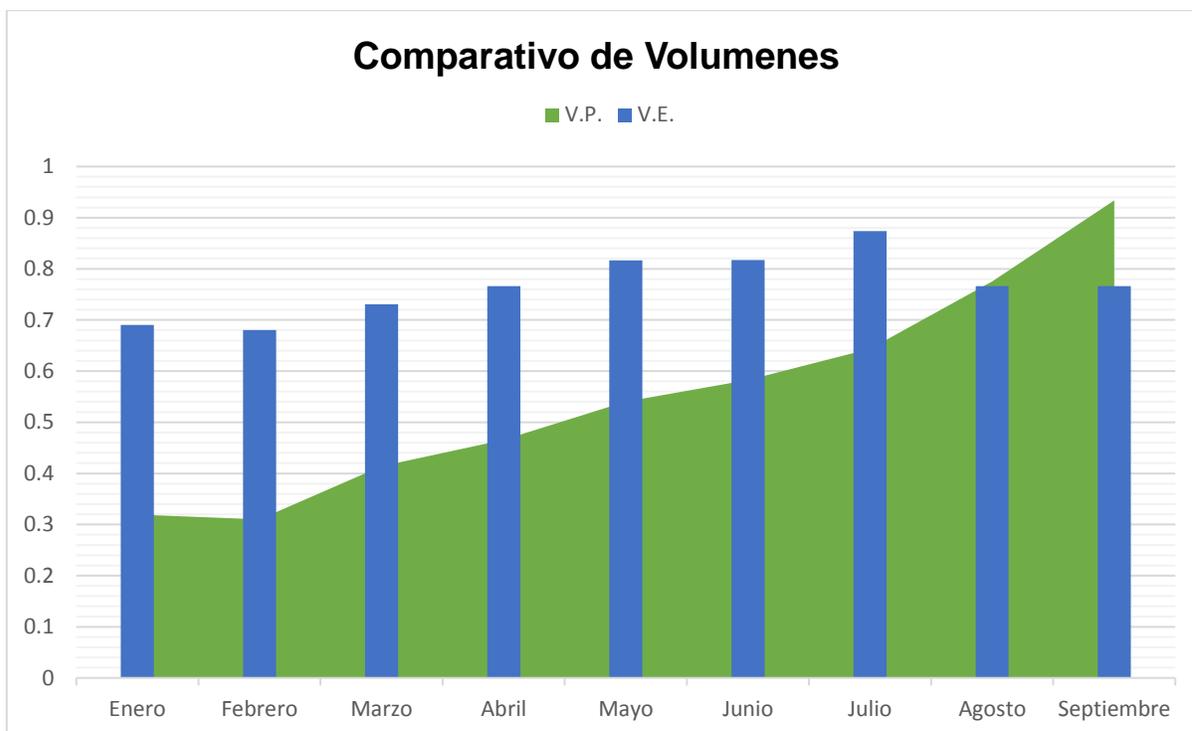


Figura 34. Comparativo de Volúmenes Producidos por los pozos artesanales con Volúmenes Extraídos por los habitantes del Cantón Anchico.

Se puede observar que los volúmenes producidos están por debajo de la demanda, esto quiere decir que las personas extraen agua de los pozos en horas de la mañana y llenan sus depósitos para los usos cotidianos pero una vez acabándose el agua de estos depósitos tienen que esperar a que los pozos se recarguen de agua para volver a llenar los recipientes y suplir sus necesidades.

Esta tendencia se muestra así ya que se midieron los volúmenes de agua contenida en los pozos ya sea en horario matutino o vespertino. En promedio el agua producida por los pozos muestreados ya sea en la mañana o en la tarde no alcanza ni los 0.60 m<sup>3</sup>, mientras que la demanda sobrepasa los 0.80 m<sup>3</sup> de agua, como se puede observar en la siguiente tabla del Cuadro Comparativo de V.P. (Volumen Producido) y V.E. (Volumen Extraído).

**CUADRO COMPARATIVO DE V.P Y V.E (m<sup>3</sup>)**

V.P		V.E	
<b>ENERO</b>	0.32	<b>ENERO</b>	0.69

<b>FEBRERO</b>	0.31	<b>FEBRERO</b>	0.68
<b>MARZO</b>	0.41	<b>MARZO</b>	0.73
<b>ABRIL</b>	0.47	<b>ABRIL</b>	0.77
<b>MAYO</b>	0.54	<b>MAYO</b>	0.82
<b>JUNIO</b>	0.58	<b>JUNIO</b>	0.82
<b>JULIO</b>	0.64	<b>JULIO</b>	0.87
<b>AGOSTO</b>	0.78	<b>AGOSTO</b>	0.78
<b>SEPTIEMBRE</b>	0.93	<b>SEPTIEMBRE</b>	0.78

Tabla 23. Tabla de los promedios mensuales de volúmenes producidos y los volúmenes extraídos.

En la figura 34 se observa la deficiencia del nivel freático de la zona ya que las viviendas solo cuentan con ciertas cantidades de agua que pueden extraer de sus pozos ya sea en la mañana o en la tarde, en otras palabras estos pozos no están capacitados para producir agua constantemente en una mañana o de tarde ya que el agua que contiene se agota y las personas tienen que esperar a que se recargue y extraer agua nuevamente hasta en horas de la tarde, esto dependiendo de la zona en donde se encuentre ubicado el pozo como lo muestra la siguiente gráfica:

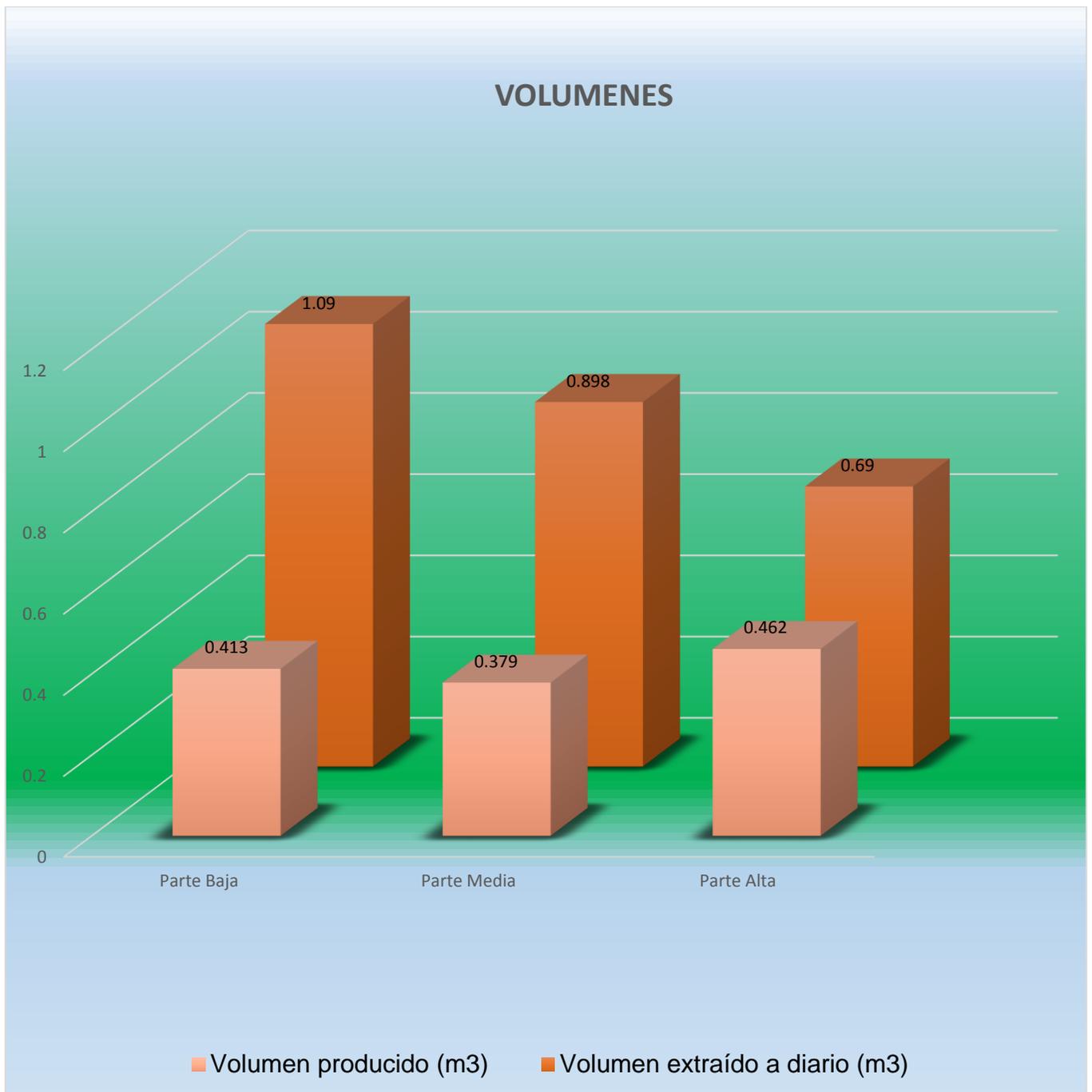


Figura 35. Volúmenes de agua según ubicación de pozos artesanales en la zona de estudio.

La imagen muestra que en la parte alta de la zona de estudio es donde los pozos producen más agua con 0.46 m<sup>3</sup> en promedio y es donde menos se consume agua de parte de los habitantes, quedando la parte baja en segundo lugar en producción (0.41 m<sup>3</sup>) y primer lugar con la mayor demanda (1.09 m<sup>3</sup>). La parte

media es la más pobre en producción ( $0.37 \text{ m}^3$ ) y la segunda en demanda ( $0.89 \text{ m}^3$ ).

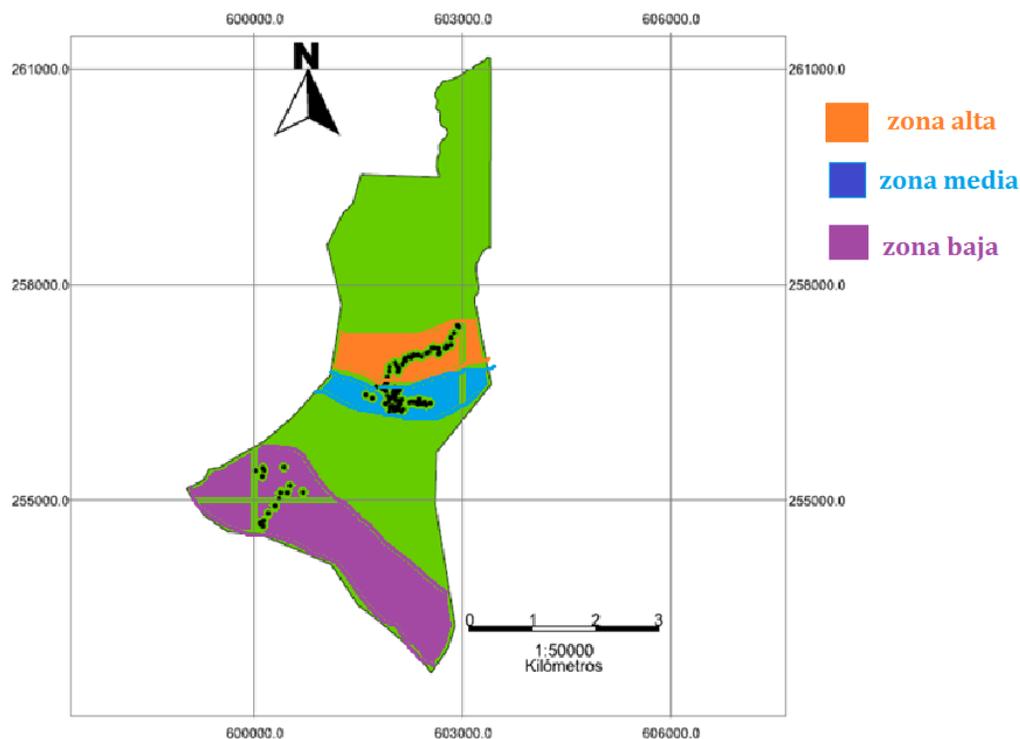


Figura 36. Ubicación de las zonas según la elevación de los pozos artesanales.

La elevación de la zona alta es en promedio de 118 msnm, mientras que la zona media está a 100 msnm y por último la zona baja se encuentra a una elevación de 97 msnm.

#### 5.4 CAUDAL

El déficit de agua hace que el caudal del río se vea afectado y cuando presenta caudal es pobre y llega tarde en el año.

En el primer trimestre del año (enero, febrero y marzo), no se presencié caudal alguno en la sub-cuenca del Río Huiscoyol se presentó árida y seca.



Figura 37. Época Seca.

Para el segundo trimestre del año (abril, mayo y junio) el Río Huiscoyol solamente presencio volúmenes de agua estancados en ciertas zonas de toda su longitud, ya que en estos meses se comenzó a presenciar la lluvia que inicio exactamente en mayo, pero que por la condición del suelo que se encontraba reseco y árido el agua no corría más bien se infiltraba.



Figura 38. Época húmeda

El tercer trimestre del año (julio, agosto y septiembre) el río comenzó a presentar un caudal débil en los inicios del mes de Julio que fue creciendo hasta llegar a septiembre con los valores más elevados del estudio.



Figura 39. Aforo por medio del método de flotadores.

A continuación se muestra una tabla con los valores promedio mensuales del caudal de la sub-cuenca del Río Huiscoyol.

<b>MES</b>	<b>CAUDAL (m<sup>3</sup>/s)</b>
<b>ENERO</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>FEBRERO</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>MARZO</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>ABRIL</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>MAYO</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>JUNIO</b>	0 m <sup>3</sup> /s
<b>JULIO</b>	0.0153 m <sup>3</sup> /s
<b>AGOSTO</b>	0.23 m <sup>3</sup> /s
<b>SEPTIEMBRE</b>	0.78 m <sup>3</sup> /s

Tabla 24. Caudal de los 9 meses del 2016 en el Río Huiscoyol.

**CAPITULO VI**  
**CONCLUSIONES Y**  
**RECOMENDACIONES**

## 6.1 CONCLUSIONES.

- El umbral del denominado déficit hídrico está en el valor de 1,700 mm de precipitación media anual según la FAO (Organización de Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). Los registros de precipitación para la estación meteorológica en el Departamento de San Miguel en el intervalo de tiempo de 1991 hasta 2015 muestra que solo para los años 2005, 2010 y 2011 se registraron valores mayores a 1,700 mm pero menores a 2,000 mm.
- Para el año 2015 en el Cantón Anchico la precipitación media anual no alcanzo ni los 1,000 mm de lluvia, no obstante para el año 2016 hasta el mes de septiembre las precipitaciones (784.1 mm) sobrepasaron el valor de todo el año 2015 (757.9 mm), sin embargo el balance hídrico refleja que se pierde más agua de la que cae en la región para el año 2016 (hasta septiembre).
- La saturación de agua en los suelos de las zonas agrícolas y cuenca del Río Huiscoyol del Cantón Anchico no se da debido a que las precipitaciones no son lo suficiente y lo poco que cae se evapora dejando el suelo árido y seco.
- Ante la demanda de agua que se pierde por la evapotranspiración la ecuación del balance hídrico muestra que se necesitan 170 mm de lluvia extra a la que cae para que tanto las siembras de maíz que necesitan y dependen mucho del agua como la sub-cuenca del Río Huiscoyol puedan producir granos básicos y escorrentía respectivamente.
- Es necesario que la sostenibilidad ambiental del proceso iniciado requiera del fomento de un plan de gestión integral para el manejo de los recursos naturales, centrándose en el manejo del recurso hídrico y potenciar la relación entre los operadores de los sistemas de agua (población vs Ingenio Chaparrastique), comités organizados (ADESCO) y otros usuarios del agua.

- El desarrollo de este estudio muestra la necesidad de interactuar con distintas disciplinas (MARN, Alcaldía, ADESCO) que ayuden a abordar los diferentes temas involucrados para la solución de un problema común, de tal forma que en conjunto permitan una propuesta para el desarrollo sustentable del recurso agua, revisando además las condiciones del cambio climático esperadas.
- La escases hídrica no solo se da por el desbalance entre precipitaciones, evapotranspiración e infiltración, sino también por la demanda de agua que produce el pozo industrial del Ingenio Chaparrastique ya que su producción de agua hace que la producción de los pozos existentes en la zona en cada vivienda sea pobre y escasa.

## 6.2 RECOMENDACIONES.

- Diseñar una guía metodológica, que parta de un enfoque integral de cuencas y de sostenibilidad para sus recursos, de acuerdo a la situación actual y las necesidades locales. La guía de manejo de la sub-cuenca será un instrumento de gestión de recursos en general, la cual tiene información real y aporta opciones de proyectos reales y específicos para implementar en la sub-cuenca.
- Que la ADESCO del Cantón Anchico proponga bajo un respaldo institucional competente (Alcaldía o el MARN, MAG, ANDA) al Ingenio Chaparrastique una solución que permita la obtención equitativa del vital líquido para que los pozos de la población no se vean afectados cuando se irriga la caña de azúcar.
- Elaborar una propuesta del diseño de un reservorio para captación de agua lluvia y de uso comunitario y así abastecerse en futuros eventos climáticos.
- Proponer una ley en la Ordenanza Municipal del Departamento de San Miguel para el manejo del recurso hídrico integrado.

## **BIBLIOGRAFIA**

Aguilar, A. y Jiménez, M. S. 2005. Guía para la protección del recurso hídrico. San Castro, R.; Monge, E.; Rocha, C.; Rodríguez H. 2004. Gestión local y participativa del recurso hídrico en Costa Rica. San José, CR, CEDARENA.

CATIE (Centro Tropical de Investigación y Enseñanza), 2002. Manejo de cuencas con enfoque en la prevención de desastres naturales. Material para curso corto. Ed. J. Faustino. Tegucigalpa, HN.

CATIE, 2002. Plan de Ordenamiento Territorial del Municipio de Valle de Ángel, Honduras.

CENTECLA A; CASTILLO L; AGUILAR A. Escenarios Climáticos de referencia para la República de El Salvador. San Salvador. Julio 1998.

CHAMBERS, Robert. Diagnóstico Rural Participativo. GTZ, Alemania, 1997.

Duarte, J. 1998. Estudio Hidrogeológico del Acuífero de Guluchapa, San Salvador, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Universidad de Costa Rica, Escuela Centro Americana de geología Ciudad Universitaria Rodrigo Facio, Costa Rica. 129P.

Erazo, A. 2006. Balance Hídrico (entrevista). San salvador, SV, Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación). 1996. Planificación y manejo integrado de cuencas hidrográficas en zonas áridas y semiáridas de América Latina. Santiago, CL. Serie zonas áridas y semiáridas.

Faustino. 1,999. Gestión y Manejo de Micro cuencas, CATIE. San Salvador, El Salvador. 165p. San Andrés El Salvador, 6 al 8 de Octubre, 1999.

Faustino. 2001. Enfoques y criterios prácticos para aplicar el manejo de cuencas. San Salvador, El Salvador, Visión Mundial.

Faustino, 2002. Manejo de Cuencas con Enfoque en la Prevención de Desastres Naturales, Editorial CATIE, San José, Costa Rica.

Faustino. 2003. Diseño de planes de manejo de cuencas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, C. R.

Faustino 2006. Curso sobre manejo de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, C. R.

Faustino, 2007. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, C. R.

Faustino, J. 2007. Manejo de cuencas II, material de clase. CATIE. Turrialba, Costa Rica.

Galicia, J. Medina, A. Soto, O. 1992. Estudio hidrogeológico de la Sub-cuenca de las Quebradas: La Juntera, Quiomalapa, La Sierpe y Tecualuya, de La Paz. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas. 84 p.

Gil Laura, "Evaluación Hidrogeológica y Vulnerabilidad Intrínseca del Sistema Acuífero del Municipio de Nejapa, San Salvador, El Salvador". Investigación de Tesis de post-grado- Universidad de Costa Rica 2007. Balance hídrico Dinámico el Salvador, SNET - 2005.

Guevara, M., 2004. Estudio hidrogeológico del área de Nahulingo, Departamento de Sonsonate. El Salvador.

Hernández, H. Avilés, D. Alvarado, F., 2003. Elaboración del Mapa Hidrogeológico del Acuífero Costero de La región C en El Departamento de Ahuachapán, Tesis Ingeniero Civil, Universidad Politécnica, Facultad de Ingeniería y Arquitectura.103p

Informe sobre sequia hidrológica mayo-agosto 2015 del MARN.

Instituto Geográfico Nacional (IGN). 2005. Atlas de El Salvador.

Junker, B. 2005, Método para determinar la recarga de agua subterránea .El Salvador, Unión Europea -FORGAES.

MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV). 1998. Ley del medio ambiente (en línea). Consultado 24 jun. 2013. Disponible en

Medina, G. 1981. Integración y Coordinación: Requisitos para el Desarrollo Rural Integrado. Cuadernos de CEFRAL 11, pág. 38 (en línea). Consultado 24 jul. 2013.

PASOLAC, SAG, 2005. I Bolsa de oferta y demanda de tecnologías para la captación, almacenamiento y distribución de agua con fines agropecuarios. Memoria de Bolsa, 26 y 27 de Mayo 2005. EALL, Nacaome, Valle, Honduras.

Sistema de Información Geográfica. Hernández M. A. 2007 (datos geográficos e información geográfica). San Salvador, SV. Universidad de El Salvador.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV) 2005. Balance Hídrico y Dinámico En El Salvador.

REGLAMENTO GENERAL DE LA LEY DEL MEDIO AMBIENTE.

Reformas: (2) Decreto Ejecutivo No. 39 de fecha 28 de abril de 2009, publicado en el Diario Oficial No. 98, Tomo 383 de fecha 29 de mayo de 2009.

Ing. Wilfredo Ernesto Parada Torres, responsable del área agrícola del Ingenio Chaparrastique

Entrevistas a nivel de ADESCO y testimonios de la población

<http://www.ecologiaverde.com/distribucion-del-agua-en-el-mundo>

[http://www.educarchile.cl/Portal\\_Base](http://www.educarchile.cl/Portal_Base)

[http://www.crefal.edu.mx/crefal2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=248&Itemid=39](http://www.crefal.edu.mx/crefal2013/index.php?option=com_content&view=article&id=248&Itemid=39)

[http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255.](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255)

# **ANEXOS**

## **GUIA METODOLOGICA PARA EL CÁLCULO DEL BALANCE HIDRICO COMUNITARIO**

### **ALCANCE**

Uno de los tópicos más importantes de la metodología presentada en esta guía, que se constituye además en el principal aporte de ella, es el balance hídrico con el cual se evalúa la disponibilidad de agua en el Cantón Anchico. Este es un instrumento que la comunidad podrá utilizar, emplea parámetros básicos como la precipitación, filtración y escorrentía, información que se puede encontrarse fácilmente.

La guía metodológica para el cálculo del balance hídrico comunitario se desarrolla como parte del aporte que se brindara a la población debido a la necesidad que surge ante el manejo y aprovechamiento del recurso agua, teniendo en cuenta que la o las personas que la utilicen deberán haber cursado hasta noveno grado como mínimo ya que se encuentran algunos cálculos matemáticos.

### **OBJETIVO GENERAL**

Estimar la cantidad del recurso hídrico en las viviendas en el Cantón Anchico, Municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel por medio del balance hídrico.

### **PARTICIPANTES**

Los autores principales de esta guía serán los encargados de obtener los datos principales de la ecuación del balance hídrico, y de esta manera realizar el cálculo real del cual se dispone en la vivienda en el Cantón Anchico.

Dentro de ellos tendremos: hombres, mujeres y jóvenes que residan en el Cantón Anchico en el departamento de San Miguel; así como también la Asociación de Desarrollo Comunitario.

## Pasos para el Cálculo del Balance Hídrico Comunitario.

- **Cambios de Almacenamiento**

Generalmente los pozos se hacen en forma circular y la profundidad llega al menos hasta donde está la vena de agua o un poco más, dependiendo de la cantidad de agua que se desea almacenar.

Para aforar un pozo se toman las siguientes medidas en metros:

B. Profundidad desde el Brocal al fondo del pozo. Las dos mediciones se hacen con cuerdas; se ata una plomada en el extremo que se introduce al pozo y luego con cinta métrica se toma la medida que consumió la cuerda.

B. Profundidad del brocal al espejo de agua

C. Calcular la columna de agua del pozo, restando A – B

D. Diámetro del pozo, se toma la parte más ancha de la circunferencia, para sacar el diámetro.

E. Calcular el área de la circunferencia con la fórmula:  $\text{Area} = \frac{\pi}{4} D^2$

F. Calcular el volumen de agua multiplicando la columna de agua por el área de la circunferencia.

A modo de ejemplo se hará el cálculo de volumen para un pozo:

Diámetro: 0.6 m

Profundidad: 9.85 m

Columna de agua: 1.02 m

Área de la circunferencia que forma el pozo =  $\frac{\pi}{4} (0.6 \text{ m})^2 = 0.283 \text{ m}^2$

El Volumen de agua del pozo =  $1.02 \text{ m} \times 0.283 \text{ m}^2 = 0.288 \text{ m}^3$

Este volumen es solamente la cantidad de agua disponible o almacenada en el pozo.



- **Pruebas de infiltración.**

**Procedimiento de campo.**

- ✓ Seleccionar el lugar previamente, con el criterio que el suelo en el que se realiza la prueba sea representativo del área en estudio.
- ✓ Excavar un cilindro en suelo, de radio  $R$  y altura  $H$ .
- ✓ Colocar dentro del cilindro excavado una regla graduada para ir midiendo la variación de la altura con respecto al tiempo.
- ✓ Rellenar el cilindro excavado con agua hasta una determinada altura la cual será la lectura inicial para la prueba.
- ✓ Medir el tiempo en que desciende el agua dentro del cilindro y tomar las lecturas de la altura que se muestra en la regla graduada, así como también del tiempo que le ha tomado al agua llegar hasta la lectura de altura.

Tabla. Resumen de los resultados de pruebas de permeabilidad por el método de Porchet.

Prueba N° \_\_\_\_\_

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1					
2					
3					
4					



- **Calculo de caudal.**

Para el análisis y estimación de caudales en las sub-cuencas se ha tenido en cuenta la ecuación, la cual se considera como la más adecuada, ya que no solo

relaciona área y caudal sino que también relaciona el aporte pluviométrico de las cuencas.

$$Q = A \cdot V$$

Donde:

Q = Caudal a estimar en la cuenca en m<sup>3</sup> /s

A = Área de la cuenca en m<sup>2</sup>

V = velocidad de la corriente en m/s

Para la comunidad de Cantón Anchico se recomienda utilizar para el cálculo del caudal el método de flotadores el cual se describe a continuación:

### **Aforo con flotadores**

Por este método, se mide la velocidad superficial (v) de la corriente y el área de la sección transversal (A), luego con estos valores aplicando la ecuación de continuidad, se calcula el caudal con la fórmula:

$$Q = K \times v \times A$$

Donde K es un factor de corrección relacionado con la velocidad. El valor de K se debe seleccionar de acuerdo al tipo de río, así como lo muestra la siguiente tabla:

<b>Tipo de río</b>	<b>Factor K</b>
Río o riachuelo profundidad del agua mayor a 15 cm	0.5
Río o riachuelo profundidad menor que 15 cm	0.25 – 0.5

Para realizar este aforo, se debe escoger en lo posible un tramo recto de cauce de longitud L.

El procedimiento para medir la velocidad es como sigue:

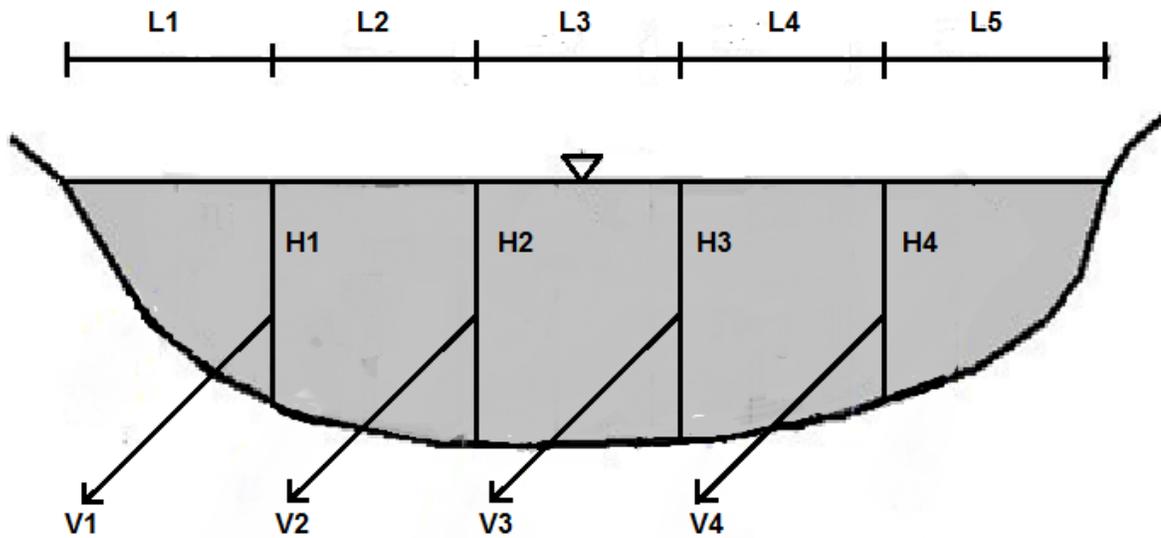
- Medir la longitud (L) del tramo AB
- Medir con un cronometro el tiempo (T), que tarda en desplazarse el flotador (botella, madera cuerpo flotante natural) en el tramo AB.
- Calcular la velocidad superficial

$$v = \frac{L}{T}$$

### **Calculo del área promedio**

Para calcular el área se hace lo siguiente:

- ✓ Medir el espejo de agua (L)
- ✓ Dividir L en 5 o 10 partes (midiendo cada 0.20 m, 0.30 m, 0.40 m etc) y en cada extremo medir su profundidad



- ✓ Calcular el área para cada tramo usando el método del trapecio

$$A_1 = \frac{H_1 + H_2}{2} L_1$$

Luego hacer la suma de todas las áreas y obtener el área total

Nota: para que el método sea más exacto el procedimiento se realiza 10 veces como mínimo.

A continuación se muestra la tabla resumen de los tiempos registrados.

Tramo (Metros)	Tiempo (Segundos)



## RECOLECCION DE DATOS

Para realizar la recolección de datos se debe realizar una comisión por medio de la ADESCO el cual estará a cargo de enviar la solicitud hacia el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) para que ellos puedan brindar información de la Estación San Miguel con los datos que necesitarían para realizar el cálculo del balance hídrico; tales como Precipitación, Evapotranspiración y Escorrentía.

A continuación, la tabla en donde se introducirán los datos obtenidos. Esto se recomienda realizar por lo menos una vez al año para obtener un parámetro del comportamiento climático pero sobretodo hídrico el Cantón Anchico y de la subcuenca del Río Huiscoyol.

MES	E	F	M	A	M	Jun	Jul	A	S	O	N	D
P												
Q												
V.P (pozos)												
V.E (pozos)												

<b>ETP</b>												
<b>FIL</b>												

En donde:

P= Precipitación

Q= Caudal

V.P= Volumen Producido

V.E= Volumen Extraído

ETP= Evapotranspiración

FIL= Filtración

Una vez recolectados los datos se realiza un cálculo matemático sencillo con el cual obtendremos el valor aproximado de la disponibilidad del recurso hídrico que se está evaluando, esto de la siguiente manera:

$$\Delta V = \text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS}$$

		<b>ENTRADAS</b>		<b>SALIDAS</b>
	<b>PRECIPITACION</b>		<b>EVAPORACION</b>	
			<b>FILTRACION</b>	
<b>TOTAL</b>				

Luego se procederá a introducir las sumas totales en la ecuación del balance:

$$\text{ENTRADAS} - \text{SALIDAS} = \Delta V$$

Si las entradas son mayores que las salidas la ecuación proporcionara un valor positivo para  $\Delta V$ , esto nos quiere decir que hay un excedente del recurso hídrico en la zona y es factible la agricultura y la población goza de buena demanda.

Si las entradas son menores a las salidas pasara lo contrario de lo dicho en el párrafo anterior.

Si la ecuación es igual a cero significa que las entradas son iguales a las salidas y el recurso hídrico se mantiene estable, no existen excedentes ni déficit de agua en la zona y el comportamiento hidrológico se mantiene al límite.

#### RECOMENDACIONES DE LA GUIA

- Crear un comité especial para el manejo de la guía comunitaria para el cálculo del balance hídrico.
- Integrar delegados dentro del comité especial para generar mecanismos que permitan estar en contacto con el Delegado Departamental de Medio Ambiente en el Departamento de San Miguel.
- El balance hídrico se deberá hacer de forma anual.

## ANEXO 1

**Datos obtenidos durante los 9 meses de evaluación en el Cantón Anchico para una muestra de 100 pozos artesanales. (C.A. = Columna de Agua; V.P. = Volumen Producido; V.E. = Volumen Extraído)**

No. de Pozo	Enero			Febrero			Marzo		
	C.A.	V.P.	V.E.	C.A.	V.P.	V.E.	C.A.	V.P.	V.E.
1	0.62	0.17	1.84	0.66	0.19	1.84	0.53	0.15	1.84
2	0.56	0.38	2.37	0.58	0.39	2.37	0.6	0.41	2.37
3	0.63	0.38	0.54	0.68	0.41	0.54	0.68	0.41	0.54
4	0.5	0.39	1.54	0.64	0.50	1.54	0.67	0.53	1.54
5	0.73	0.33	0.54	0.76	0.34	0.54	0.64	0.29	0.54
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	0.63	0.20	1.15	0.56	0.17	1.15	0.86	0.27	1.15
8	0.45	0.17	0.54	0.5	0.19	0.54	0.75	0.29	0.54
9	0.95	0.48	0.54	1	0.50	0.54	0.91	0.46	0.54
10	0.3	0.16	1.69	0.52	0.28	1.69	0.53	0.29	1.69
11	0.24	0.08	2.66	0.2	0.07	2.66	0.49	0.16	2.66
12	0.36	0.17	0.54	0.21	0.10	0.54	0.26	0.12	0.54
13	1.36	0.92	1.69	1.68	1.14	1.69	1.23	0.84	1.69
14	0.44	0.17	0.54	0.38	0.14	0.54	0.56	0.22	0.54
15	0.26	0.16	1.15	0.32	0.20	1.15	0.15	0.10	1.15
16	0.43	0.19	0.54	0.36	0.16	0.54	0.51	0.23	0.54
17	0.2	0.06	3.0	0.32	0.09	3.0	0.44	0.12	3.0
18	0.12	0.06	0.54	0.23	0.11	0.54	0.27	0.13	0.54
19			-			-			-
20	0.69	0.30	1.14	0.84	0.36	1.14	1	0.43	1.14
21	0.6	0.27	0.84	0.44	0.20	0.84	0.58	0.26	0.84
22	0.75	0.38	0.54	1	0.50	0.54	0.83	0.42	0.54
23	0.66	0.23	1.69	0.84	0.30	1.69	0.95	0.34	1.69
24	0.69	0.29	0.54	0.49	0.20	0.54	0.62	0.26	0.54
25	0.77	0.35	0.18	0.9	0.41	0.18	0.92	0.42	0.18
26	0.23	0.09	0.54	0.26	0.10	0.54	0.38	0.15	0.54
27	1.94	1.23	0.92	1.54	0.98	0.92	1.87	1.19	0.92
28	0.84	0.48	0.54	0.76	0.43	0.54	0.93	0.53	0.54
29	0.19	0.07	0.54	0.35	0.13	0.54	0.54	0.21	0.54
30	0.6	0.26	0.54	0.54	0.24	0.54	0.89	0.39	0.54
31	0.56	0.34	0.98	0.63	0.38	0.98	0.82	0.50	0.98
32	1.02	0.59	0.54	0.89	0.52	0.54	0.95	0.55	0.54
33	0.61	0.43	0.57	0.54	0.38	0.57	0.84	0.60	0.57
34	0.22	0.11	0.54	0.34	0.17	0.54	0.3	0.15	0.54
35	0.65	0.37	0.54	0.73	0.41	0.54	0.94	0.53	0.54
36	0.63	0.27	3.24	0.68	0.29	3.24	0.78	0.34	3.24

37	0.15	0.07	0.54	0.25	0.11	0.54	0.10	0.05	0.54
38	0.95	0.60	0.54	0.84	0.53	0.54	0.86	0.55	0.54
39	0.67	0.19	0.54	0.76	0.21	0.54	0.96	0.27	0.54
40	0.75	0.29	0.54	0.57	0.22	0.54	1.2	0.46	0.54
41	1.25	0.57	0.54	1.83	0.83	0.54	1.67	0.76	0.54
42	0.25	0.13	0.54	0.23	0.12	0.54	0.31	0.16	0.54
43	0.15	0.08	0.84	0.26	0.14	0.84	0.35	0.20	0.84
44	0.22	0.14	1.46	0.33	0.21	1.46	0.35	0.22	1.46
45	0.32	0.15	0.36	0.37	0.17	0.36	0.28	0.13	0.36
46	0.56	0.22	0.54	0.35	0.13	0.54	0.44	0.17	0.54
47	0.61	0.31	0.54	0.53	0.27	0.54	0.72	0.36	0.54
48	0.2	0.12	0.54	0.15	0.09	0.54	0.26	0.15	0.54
49	0.73	0.53	0.54	0.77	0.56	0.54	0.86	0.62	0.54
50	0.75	0.38	0.54	0.63	0.32	0.54	0.55	0.28	0.54
51	0.8	0.57	0.54	0.83	0.59	0.54	0.94	0.67	0.54
52	0.05	0.03	0.15	0.10	0.07	0.17	0.87	0.57	0.17
53	0.55	0.18	0.17	0.38	0.13	0.17	1.63	0.54	0.54
54	0.10	0.03	0.17	0.08	0.03	0.17	0.99	0.34	0.34
55	0.43	0.18	0.17	0.21	0.09	0.34	0.97	0.42	0.54
56	0.86	0.38	0.97	0.52	0.23	0.45	1.87	0.83	1.18
57	0.45	0.15	0.17	0.15	0.05	0.10	0.98	0.33	0.17
58	0.63	0.27	0.30	0.91	0.39	0.30	1.78	0.77	0.66
59	0.60	0.39	0.40	0.78	0.51	0.40	0.51	0.33	0.40
60	0.11	0.04	0.15	0.05	0.02	0.10	0.98	0.33	0.30
61	0.47	0.29	0.20	0.38	0.23	0.20	0.10	0.06	0.10
62	0.12	0.05	0.13	0.06	0.03	0.10	0.38	0.17	0.21
63	0.22	0.08	0.17	0.13	0.05	0.17	0.26	0.09	0.17
64	0.02	0.01	0.10	0.05	0.03	0.15	0.20	0.13	0.15
65	0.78	0.44	0.50	0.91	0.52	0.50	0.63	0.36	0.45
66	0.62	0.45	0.33	0.60	0.43	0.33	0.69	0.50	0.53
67	1.12	0.67	0.64	0.93	0.55	0.49	1.27	0.75	0.80
68	0.38	0.17	0.15	0.19	0.09	0.11	0.57	0.26	0.30
69	1.2	0.67	0.60	1.05	0.58	0.60	1.68	0.93	0.60
70	0.73	0.25	0.20	0.41	0.14	0.20	0.78	0.27	0.20
71	0.15	0.10	0.83	0.07	0.05	0.77	0.38	0.25	0.83
72	1.35	0.80	0.80	1.20	0.71	0.70	1.70	1.01	1.0
73	0.95	0.40	0.90	0.77	0.32	0.53	1.13	0.47	0.50
74	1.1	0.61	0.80	0.87	0.48	0.50	1.2	0.67	0.68
75	0.2	0.10	0.10	0.47	0.22	0.17	1.0	0.48	0.34
76	0.70	0.51	0.40	0.55	0.40	0.40	0.99	0.72	0.80
77	1.14	0.52	0.30	1.0	0.45	0.50	1.25	0.57	0.53
78	0.79	0.30	0.26	0.68	0.26	0.26	0.93	0.36	0.26
79	0.5	0.26	0.20	0.30	0.16	0.20	0.98	0.52	0.40
80	1.20	0.44	0.82	1.15	0.42	0.82	1.68	0.61	0.83
81	1.15	0.87	0.85	1.0	0.75	0.75	1.89	1.43	1.39

82	0.41	0.22	0.17	0.40	0.21	0.51	0.63	0.33	0.34
83	0.50	0.23	0.49	0.47	0.20	0.34	0.77	0.33	0.34
84	0.26	0.10	0.20	0.31	0.12	0.20	0.78	0.30	0.20
85	0.60	0.27	0.20	0.57	0.25	0.20	0.98	0.43	0.60
86	1.30	0.77	1.0	1.18	0.70	1.0	1.68	1.0	1.0
87	1.0	0.43	0.40	0.85	0.37	0.34	0.90	0.39	0.40
88	1.3	0.56	0.50	1.32	0.57	0.50	1.66	0.71	0.50
89	0.60	0.21	0.20	0.48	0.16	0.20	0.71	0.24	0.20
90	0.30	0.18	0.17	0.29	0.18	0.17	0.53	0.32	0.34
91	0.87	0.44	0.87	1.63	0.82	0.87	1.76	0.88	0.87
92	1.53	1.20	0.36	1.38	1.10	0.36	1.47	1.15	0.36
93	0.15	0.06	0.17	0.18	0.07	0.14	0.20	0.08	0.15
94	0.84	0.38	0.78	0.87	0.39	0.78	0.68	0.31	0.78
95	0.90	0.49	0.54	0.87	0.47	0.54	1.10	0.60	0.54
96	0.63	0.41	2.36	0.47	0.31	2.36	0.60	0.39	2.0
97	1.0	0.33	0.34	0.79	0.26	0.54	0.88	0.29	0.54
98	0.78	0.35	0.20	0.66	0.29	0.20	0.50	0.22	0.40
99	0.56	0.33	1.20	0.48	0.28	1.20	0.88	0.51	1.20
100	0.94	0.45	1.98	0.8	0.38	1.98	1.0	0.48	1.98

No. de Pozo	Abril			Mayo			Junio		
	C.A	V.P.	V.E.	C.A	V.P.	V.E.	C.A	V.P.	V.E.
1	0.7	0.20	1.84	0.68	0.19	1.84	1.02	0.29	1.84
2	0.55	0.37	2.37	0.69	0.47	2.37	0.83	0.56	2.37
3	0.82	0.50	0.54	0.96	0.58	0.54	1.32	0.80	0.54
4	0.56	0.44	1.54	0.85	0.67	1.54	1.0	0.78	1.54
5	0.8	0.36	0.54	0.93	0.42	0.54	1.0	0.45	0.54
6	-		-	-		-	-	-	-
7	0.9	0.28	1.15	1	0.31	1.15	1.2	0.37	1.15
8	0.89	0.34	0.54	0.83	0.32	0.54	1	0.38	0.54
9	1.3	0.65	0.54	1.25	0.63	0.54	1.84	0.92	0.54
10	0.35	0.19	1.69	0.43	0.23	1.69	0.46	0.25	1.69
11	0.36	0.12	2.66	0.33	0.11	2.66	0.37	0.12	2.66
12	0.19	0.09	0.54	0.29	0.14	0.54	0.26	0.12	0.54
13	1.97	1.34	1.69	2.05	1.39	1.69	2.23	1.51	1.69
14	0.5	0.19	0.54	0.54	0.21	0.54	0.53	0.20	0.54
15	0.41	0.26	1.15	0.5	0.32	1.15	0.46	0.29	1.15
16	0.5	0.23	0.54	0.46	0.21	0.54	0.49	0.22	0.54
17	0.58	0.16	3.0	0.6	0.17	3.0	0.42	0.12	3.0
18	0.17	0.08	0.54	0.35	0.17	0.54	0.33	0.16	0.54
19			-			-	-	-	-
20	0.95	0.41	1.14	0.83	0.36	1.14	1.13	0.49	1.14
21	0.7	0.32	0.84	0.73	0.33	0.84	0.68	0.31	0.84
22	0.63	0.32	0.54	0.78	0.39	0.54	0.9	0.45	0.54
23	0.76	0.27	1.69	0.8	0.28	1.69	0.92	0.32	1.69
24	0.86	0.36	0.54	0.84	0.35	0.54	0.81	0.34	0.54
25	0.82	0.37	0.18	0.9	0.41	0.18	0.89	0.40	0.18
26	0.51	0.20	0.54	0.5	0.19	0.54	0.46	0.18	0.54
27	2.36	1.50	0.92	2.5	1.59	0.92	2.46	1.6	0.92
28	1.02	0.58	0.54	0.98	0.56	0.54	1.22	0.69	0.54
29	0.6	0.23	0.54	0.43	0.17	0.54	0.52	0.2	0.54
30	0.84	0.37	0.54	0.77	0.34	0.54	0.79	0.35	0.54
31	0.76	0.46	0.98	1.3	0.79	0.98	1.7	1.03	0.98
32	1.2	0.70	0.54	1.56	0.91	0.54	1.72	0.99	0.54
33	0.9	0.64	0.57	1.42	1.01	0.57	1.36	0.96	0.57
34	0.58	0.29	0.54	0.53	0.27	0.54	0.43	0.22	0.54
35	1.08	0.61	0.54	1.5	0.85	0.54	1.44	0.82	0.54
36	0.84	0.36	3.24	0.94	0.40	3.24	1.31	0.56	3.24
37	0.26	0.12	0.54	0.3	0.14	0.54	0.22	0.09	0.54
38	1	0.64	0.54	1.74	1.11	0.54	1.95	1.24	0.54
39	0.94	0.27	0.54	1.11	0.31	0.54	1.22	0.34	0.54
40	0.84	0.32	0.54	0.88	0.34	0.54	1.05	0.40	0.54
41	2.1	0.95	0.54	2.15	0.98	0.54	2.27	1.03	0.54
42	0.44	0.22	0.54	0.48	0.24	0.54	0.46	0.23	0.54
43	0.33	0.18	0.84	0.26	0.14	0.84	0.23	0.12	0.84

44	0.19	0.12	1.46	0.26	0.17	1.46	0.23	0.15	1.46
45	0.3	0.14	0.36	0.4	0.18	0.36	0.28	0.13	0.36
46	0.6	0.23	0.54	0.59	0.23	0.54	0.53	0.20	0.54
47	0.55	0.28	0.54	0.57	0.29	0.54	0.58	0.29	0.54
48	-	-	-	0.18	0.11	0.54	0.13	0.08	0.54
49	0.8	0.58	0.54	0.78	0.57	0.54	0.84	0.61	0.54
50	0.68	0.34	0.54	0.72	0.36	0.54	0.75	0.38	0.54
51	1.0	0.71	0.54	0.87	0.62	0.54	0.89	0.63	0.54
52	1.0	0.65	0.34	1.53	1.0	0.54	1.79	1.20	0.54
53	1.9	0.63	0.60	1.83	0.61	0.60	1.6	0.53	0.34
54	0.67	0.23	0.34	1.21	0.41	0.34	1.03	0.35	0.17
55	1.41	0.61	0.54	1.0	0.43	0.34	1.04	0.45	0.87
56	1.98	0.88	1.87	2.01	0.89	1.87	1.28	0.57	0.97
57	1.17	0.39	0.17	1.29	0.43	0.34	1.48	0.49	0.34
58	1.45	0.62	0.66	1.91	0.82	0.83	0.83	0.36	0.30
59	1.2	0.78	0.80	1.98	1.28	1.20	1.5	0.98	0.80
60	0.66	0.23	0.30	0.91	0.31	0.30	1.38	0.47	0.60
61	0.78	0.47	0.40	1.67	1.01	1.0	2.2	1.33	1.20
62	0.66	0.30	0.19	0.73	0.33	0.40	1.09	0.49	0.83
63	0.57	0.21	0.34	0.98	0.36	0.34	1.27	0.46	0.54
64	0.25	0.16	0.32	0.37	0.24	0.33	0.71	0.45	0.40
65	1.27	0.72	0.55	1.71	0.97	1.15	2.0	1.13	1.15
66	0.99	0.72	0.73	1.01	0.73	0.73	1.11	0.80	0.73
67	0.87	0.53	0.49	1.48	0.88	0.87	1.99	1.18	0.87
68	0.22	0.10	0.20	0.60	0.27	0.25	0.94	0.43	0.30
69	1.71	0.94	0.60	2.06	1.14	1.2	2.20	1.22	1.20
70	1.16	0.40	0.40	1.0	0.34	0.25	0.87	0.30	0.23
71	0.40	0.27	1.85	0.67	0.45	1.85	1.09	0.72	2.20
72	2.1	1.24	1.20	2.58	1.53	1.50	2.89	1.72	1.70
73	1.0	0.42	0.45	1.15	0.48	0.45	0.98	0.41	0.45
74	1.3	0.72	0.67	1.17	0.65	0.68	0.69	0.38	0.52
75	0.92	0.44	0.34	1.05	0.50	0.34	2.0	0.96	0.68
76	1.01	0.73	0.80	1.05	0.76	0.80	1.15	0.83	0.80
77	1.28	0.58	0.61	1.0	0.45	0.52	1.31	0.60	0.60
78	0.99	0.38	0.52	1.0	0.38	0.51	1.1	0.42	0.52
79	1.18	0.62	0.60	1.20	0.63	0.60	0.78	0.41	0.40
80	1.79	0.65	0.83	1.41	0.51	0.83	1.38	0.49	0.83
81	2.76	2.1	2.0	3.15	2.38	2.31	3.25	2.45	2.41
82	0.71	0.37	0.34	0.80	0.42	0.34	0.85	0.45	0.68
83	0.98	0.42	0.49	1.12	0.48	0.49	1.10	0.47	0.49
84	0.79	0.30	0.20	0.46	0.18	0.20	0.90	0.35	0.40
85	0.91	0.40	0.40	1.0	0.44	0.40	0.75	0.33	0.40
86	1.90	1.13	1.10	2.0	1.18	1.0	2.10	1.25	1.0
87	1.10	0.47	0.40	1.20	0.52	0.46	1.18	0.51	0.50
88	1.51	0.65	0.50	1.5	0.65	0.50	1.6	0.69	0.68

89	0.73	0.25	0.20	0.84	0.29	0.20	0.91	0.31	0.20
90	0.42	0.25	0.17	0.67	0.40	0.34	0.71	0.43	0.34
91	1.65	0.82	0.87	1.95	0.98	0.87	2.15	1.10	0.87
92	1.76	1.38	0.36	2.11	1.65	0.36	2.35	1.84	0.36
93	0.17	0.07	0.17	0.35	0.15	0.17	0.78	0.33	0.17
94	0.96	0.43	0.78	1.13	0.51	0.78	1.30	0.59	0.78
95	1.18	0.64	0.54	1.30	0.70	0.54	1.35	0.73	0.64
96	0.97	0.63	2.0	1.45	0.94	2.0	1.67	1.10	1.78
97	1.16	0.38	0.37	1.20	0.40	0.98	1.25	0.41	0.40
98	0.90	0.39	0.40	1.06	0.47	0.60	0.79	0.35	0.40
99	0.93	0.54	1.20	0.90	0.52	1.20	1.09	0.63	1.20
100	0.90	0.43	1.98	0.97	0.46	1.98	0.99	0.47	1.98

No. de Pozo	Julio			Agosto			Septiembre		
	C.A.	V.P.	V.E.	C.A.	V.P.	V.E.	C.A.	V.P.	V.E.
1	1.2	0.34	1.84	1.60	0.45	1.84	1.84	0.52	1.84
2	0.93	0.63	2.37	1.23	0.83	2.37	1.55	1.05	2.37
3	1.45	0.88	0.54	2.25	1.37	0.54	2.30	1.40	0.54
4	1.23	0.97	1.54	1.45	1.14	1.54	1.66	1.30	1.54
5	0.93	0.42	0.54	0.98	0.44	0.54	1.0	0.45	0.54
6	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	1.12	0.35	1.15	1.85	0.57	1.15	1.96	0.61	1.15
8	1.0	0.39	0.54	1.30	0.50	0.54	1.56	0.60	0.54
9	1.94	0.98	0.54	2.15	1.08	0.54	2.20	1.11	0.54
10	0.44	0.24	1.69	0.60	0.32	1.69	1.12	0.61	1.69
11	0.52	0.17	2.66	0.75	0.25	2.66	1.20	0.40	2.66
12	0.38	0.18	0.54	0.65	0.31	0.54	0.84	0.40	0.54
13	2.5	1.70	1.69	2.86	1.94	1.69	2.95	2.00	1.69
14	0.72	0.28	0.54	0.80	0.31	0.54	0.87	0.33	0.54
15	0.56	0.36	1.15	0.58	0.37	1.15	0.78	0.50	1.15
16	0.78	0.35	0.54	1.0	0.45	0.54	1.50	0.68	0.54
17	0.64	0.18	3.0	0.96	0.27	3.0	1.42	0.40	3.0
18	0.45	0.22	0.54	0.51	0.24	0.54	0.80	0.38	0.54
19	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0.87	0.37	1.14	1.76	0.76	1.14	1.91	0.82	1.14
21	0.92	0.42	0.84	1.24	0.56	0.84	1.65	0.75	0.84
22	1.24	0.62	0.54	1.29	0.65	0.54	1.32	0.66	0.54
23	1.06	0.37	1.69	1.52	0.54	1.69	1.80	0.63	1.69
24	1	0.42	0.54	1.33	0.56	0.54	1.90	0.80	0.54
25	0.93	0.42	0.18	1.54	0.70	0.18	1.70	0.77	0.18
26	0.56	0.22	0.54	0.63	0.24	0.54	0.93	0.36	0.54
27	3.1	1.97	0.92	3.64	2.31	0.92	3.78	2.40	0.92
28	1.54	0.87	0.54	1.73	0.98	0.54	1.95	1.11	0.54

29	0.73	0.28	0.54	0.80	0.31	0.54	0.96	0.37	0.54
30	1.08	0.48	0.54	1.20	0.53	0.54	1.63	0.72	0.54
31	2.21	1.35	0.98	2.35	1.43	0.98	2.87	1.75	0.98
32	1.95	1.13	0.54	2.27	1.32	0.54	2.80	1.63	0.54
33	1.28	0.91	0.57	1.43	1.01	0.57	1.62	1.15	0.57
34	0.64	0.32	0.54	0.70	0.35	0.54	0.72	0.36	0.54
35	1.68	0.95	0.54	1.90	1.08	0.54	1.86	1.06	0.54
36	1.74	0.75	3.24	1.95	0.84	3.24	2.10	0.90	3.24
37	0.36	0.16	0.54	0.59	0.27	0.54	0.64	0.29	0.54
38	2.13	1.36	0.54	2.29	1.46	0.54	2.37	1.51	0.54
39	1.3	0.37	0.54	1.36	0.38	0.54	1.82	0.51	0.54
40	0.97	0.37	0.54	1.10	0.42	0.54	1.27	0.49	0.54
41	2.43	1.10	0.54	2.90	1.32	0.54	3.22	1.46	0.54
42	0.55	0.28	0.54	0.70	0.35	0.54	0.95	0.48	0.54
43	0.36	0.20	0.84	0.58	0.31	0.84	0.67	0.36	0.84
44	0.25	0.16	1.46	0.39	0.25	1.46	0.58	0.37	1.46
45	0.28	0.13	0.36	0.41	0.19	0.36	0.68	0.31	0.36
46	0.62	0.24	0.54	1.30	0.50	0.54	1.54	0.59	0.54
47	0.78	0.39	0.54	1.18	0.59	0.54	1.90	0.96	0.54
48	0.23	0.14	0.54	0.55	0.33	-	0.73	0.43	-
49	1.06	0.77	0.54	1.10	0.80	0.54	1.22	0.88	0.54
50	0.94	0.47	0.54	1.37	0.69	0.54	1.97	0.99	0.54
51	1.14	0.81	0.54	1.82	1.29	0.54	2.29	1.62	0.54
52	1.18	0.77	0.54	1.78	1.16	0.34	2.20	1.43	0.34
53	1.27	0.42	0.47	1.50	0.50	0.60	1.90	0.63	0.60
54	0.98	0.34	0.34	1.0	0.34	0.34	1.38	0.47	0.34
55	0.78	0.35	0.54	1.12	0.48	0.54	1.56	0.67	0.54
56	1.31	0.58	0.97	1.52	0.67	1.87	1.85	0.82	1.87
57	1.1	0.37	0.34	0.97	0.32	0.17	1.45	0.48	0.17
58	1.33	0.57	0.66	1.45	0.62	0.66	1.80	0.77	0.66
59	1.0	0.65	1.56	0.97	0.63	0.80	1.23	0.80	0.80
60	1.1	0.38	0.60	1.25	0.43	0.30	1.36	0.46	0.30
61	2.58	1.56	1.60	2.82	1.72	0.40	3.13	1.90	0.40
62	1.0	0.45	0.60	1.14	0.52	0.19	1.26	0.57	0.19
63	2.11	0.78	1.32	1.98	0.72	0.34	2.23	0.81	0.34
64	0.66	0.42	0.40	0.68	0.43	0.32	1.06	0.67	0.32
65	2.7	1.53	1.50	3.13	1.78	0.55	3.45	1.96	0.55
66	1.19	0.86	0.93	1.40	1.01	0.73	1.76	1.27	0.73
67	2.0	1.18	0.87	2.18	1.30	0.49	2.97	1.77	0.49
68	1.0	0.45	0.30	1.14	0.52	0.20	1.53	0.69	0.20
69	2.43	1.34	1.2	2.66	1.47	0.60	2.86	1.58	0.60
70	0.80	0.27	0.20	0.90	0.31	0.40	1.21	0.41	0.40
71	1.20	0.79	2.20	2.92	1.94	1.85	3.36	2.23	1.85
72	3.12	1.85	1.80	3.80	2.26	1.20	4.10	2.44	1.20
73	1.09	0.46	0.45	1.34	0.56	0.45	1.45	0.61	0.45

74	1.0	0.55	0.52	1.24	0.69	0.67	1.58	0.88	0.67
75	1.51	0.72	0.68	1.90	0.91	0.34	2.46	1.18	0.34
76	1.14	0.82	0.80	1.20	0.87	0.80	1.39	1.01	0.80
77	1.5	0.68	1.28	1.85	0.84	0.61	1.94	0.88	0.61
78	1.14	0.44	0.78	1.30	0.50	0.52	1.68	0.65	0.52
79	1.01	0.53	0.60	0.98	0.52	0.60	1.29	0.68	0.60
80	1.51	0.55	0.83	1.79	0.65	0.83	2.46	0.89	0.83
81	3.23	2.43	2.42	2.0	1.51	2.0	3.35	2.53	2.0
82	1.06	0.56	0.68	3.45	1.57	0.34	3.16	1.43	0.34
83	1.25	0.54	0.49	1.43	0.62	0.49	1.64	0.71	0.49
84	1.0	0.38	0.40	1.15	0.44	0.20	1.34	0.52	0.20
85	1.15	0.51	0.45	1.42	0.63	0.40	1.65	0.73	0.40
86	1.51	0.90	1.0	1.40	0.83	1.10	1.86	1.11	1.10
87	1.47	0.63	0.60	1.60	0.69	0.40	2.40	1.03	0.40
88	1.78	0.77	0.70	2.10	0.90	0.50	2.32	1.00	0.50
89	1.15	0.39	0.40	1.52	0.52	0.20	1.96	0.67	0.20
90	0.99	0.60	0.51	1.38	0.84	0.17	1.87	1.14	0.17
91	2.18	1.11	0.87	2.65	1.33	0.87	3.14	1.58	0.87
92	2.43	1.90	0.36	2.74	2.15	0.36	3.23	2.54	0.36
93	1.17	0.50	0.54	1.24	0.53	0.17	1.82	0.78	0.17
94	1.31	0.60	0.78	1.23	0.56	0.78	1.47	0.67	0.78
95	1.67	0.90	0.64	2.23	1.21	0.54	2.25	1.22	0.54
96	2.01	1.30	2.15	2.44	1.59	2.0	2.94	1.91	2.0
97	1.31	0.43	0.98	1.56	0.52	0.37	1.63	0.54	0.37
98	0.89	0.39	0.40	1.16	0.51	0.40	1.85	0.82	0.40
99	1.30	0.76	1.20	1.59	0.92	1.20	2.30	1.34	1.20
100	1.40	0.67	1.98	1.77	0.84	1.98	2.65	1.27	1.98

## ANEXO 2

**Cuadro de demanda, clasificados por zona alta media y baja**

No. de pozo	Ubicación	Brocal (m)	Diámetro (m)	Profundidad del pozo (m)	Columna de agua (m)	Volumen producido (m <sup>3</sup> )	Volumen extraído a diario (m <sup>3</sup> )
1	Parte baja	0.8	0.6	9.85	1.02	0.288	1.84
2	Parte baja	0.68	0.93	9.25	0.83	0.564	2.37
3	Parte baja	0.73	0.88	10.2	1.32	0.803	0.54
4	Parte baja	0.4	1	14	1	0.785	1.54
5	Parte baja	0.6	0.76	13.02	1	0.454	0.54
6	Parte baja	0.78	0.9	14.06	-	-	-
7	Parte baja	1	0.91	11.23	0.34	0.221	0.36
8	Parte baja	0.76	0.65	9.88	1.4	0.464	0.69
9	Parte baja	0.73	0.66	9.84	0.75	0.256	1.3
10	Parte baja	0.96	0.74	13.38	0.9	0.387	1.69
11	Parte baja	0.78	0.75	15.21	1	0.442	0.54
12	Parte baja	0.84	0.65	18.3	1.13	0.375	1.15
13	Parte baja	0.63	0.74	13.9	0.91	0.391	0.54
14	Parte baja	0.87	0.91	18.1	0.66	0.429	3
15	Parte baja	0.66	0.66	9.4	0.74	0.253	0.54
16	Parte baja	0.77	0.88	18.24	1.16	0.705	0.54
17	Parte baja	0.85	0.76	11.4	0.75	0.34	0.54
18	Parte baja	0.74	0.68	8.45	0.51	0.185	1.69
19	Parte baja	0.9	0.9	7.67	0.7	0.445	2.66
20	Parte baja	1	0.85	13.8	0.5	0.284	0.54
21	Parte baja	0.83	0.96	10.6	0.62	0.449	1.69
22	Parte baja	0.7	0.87	15.4	1.15	0.684	1.69
23	Parte baja	0.68	0.76	16	0.96	0.435	0.54
24	Parte baja	0.65	0.84	11.3	0.8	0.443	0.18
25	Parte baja	0.88	0.66	12.6	0.73	0.25	0.54
						0.413	1.090
26	Parte media	0.52	0.63	19.08	1.2	0.374	1.15
27	Parte media	0.5	0.7	17.53	1	0.385	0.54
28	Parte media	0.96	0.8	16.6	1.84	0.925	0.54
29	Parte media	0.9	0.83	13.3	0.46	0.249	1.69
30	Parte media	0.75	0.65	12.36	0.37	0.123	2.66
31	Parte media	0.51	0.78	13.77	0.26	0.124	0.54
32	Parte media	0.45	0.93	16.55	2.23	1.51	1.69
33	Parte media	1	0.7	7.64	0.53	0.203	0.54
34	Parte media	0.83	0.9	16.27	0.46	0.293	1.15
35	Parte media	1	0.76	15.11	0.49	0.222	0.54
36	Parte media	0.7	0.6	12.77	0.42	0.119	3
37	Parte media	0.7	0.78	13.06	0.33	0.158	0.54
38	Parte media	0.74	0.75	12.66	-	-	-
39	Parte media	0.7	0.74	12.6	1.13	0.486	1.14
40	Parte media	1	0.76	12.77	0.68	0.308	0.84
41	Parte media	0.5	0.8	13.4	0.9	0.452	0.54
42	Parte media	0.76	0.92	9.8	0.46	0.306	0.92
43	Parte media	0.97	0.87	13.47	0.37	0.22	0.54

44	Parte media	0.92	0.73	7.73	0.57	0.238	0.54
45	Parte media	0.81	0.84	14.6	0.64	0.355	0.54
46	Parte media	0.86	0.78	8.7	0.95	0.454	0.98
47	Parte media	0.93	0.96	9.1	0.6	0.434	0.54
48	Parte media	0.77	0.76	8.15	1.3	0.59	0.54
49	Parte media	0.84	0.7	12.04	0.95	0.366	0.54
50	Parte media	0.68	0.82	13.68	0.78	0.412	0.54
51	Parte media	1	0.68	10	1.34	0.487	0.36
52	Parte media	0.85	0.98	9.22	0.96	0.724	0.69
53	Parte media	0.8	0.76	11.32	0.83	0.376	1.3
54	Parte media	0.96	0.74	9.88	0.67	0.288	0.84
55	Parte media	0.65	0.7	13.83	0.46	0.177	0.54
56	Parte media	0.84	0.75	14.21	0.75	0.331	1.69
57	Parte media	0.76	0.87	9.45	0.74	0.44	0.54
						0.379	0.898
58	Parte alta	0.65	0.67	13.79	0.92	0.324	1.69
59	Parte alta	0.6	0.73	13.33	0.81	0.339	0.54
60	Parte alta	0.45	0.76	14.48	0.89	0.404	0.18
61	Parte alta	0.93	0.7	14.3	0.46	0.177	0.54
62	Parte alta	0.6	0.9	17.58	2.46	1.56	0.92
63	Parte alta	0.51	0.85	17.24	1.22	0.692	0.54
64	Parte alta	0.79	0.7	15.34	0.52	0.2	0.54
65	Parte alta	0.8	0.75	15.55	0.79	0.349	0.54
66	Parte alta	0.73	0.88	15.45	1.7	1.033	0.98
67	Parte alta	0.9	0.86	11.84	1.72	0.999	0.54
68	Parte alta	0.8	0.95	11.6	1.36	0.964	0.57
69	Parte alta	0.63	0.8	12.89	0.43	0.216	0.54
70	Parte alta	0.75	0.85	12.74	1.44	0.817	0.54
71	Parte alta	1	0.74	13.19	1.31	0.563	3.24
72	Parte alta	0.96	0.76	15.43	0.22	0.099	0.54
73	Parte alta	0.63	0.9	16.42	1.95	1.24	0.54
74	Parte alta	1	0.6	15.87	1.22	0.345	0.54
75	Parte alta	0.65	0.7	16.15	1.05	0.404	0.54
76	Parte alta	0.72	0.76	14.96	2.27	1.03	0.54
77	Parte alta	0.7	0.8	14.19	0.46	0.231	0.54
78	Parte alta	0.85	0.83	13.36	0.23	0.124	0.84
79	Parte alta	1	0.9	13.68	0.23	0.146	1.46
80	Parte alta	0.83	0.76	12.65	0.28	0.127	0.36
81	Parte alta	0.74	0.7	13.5	0.53	0.204	0.54
82	Parte alta	1.2	0.8	13	0.58	0.292	0.54
83	Parte alta	0.56	0.87	13.48	0.13	0.077	0.54
84	Parte alta	0.83	0.96	14.52	0.84	0.608	0.54
85	Parte alta	0.77	0.8	11.69	0.75	0.377	0.54
86	Parte alta	0.86	0.95	12	0.89	0.631	0.54
87	Parte alta	0.69	0.74	11.83	0.51	0.219	0.18
88	Parte alta	0.9	0.74	13.25	1.63	0.701	0.54
89	Parte alta	0.78	0.66	15.85	0.84	0.287	0.92
90	Parte alta	1	0.88	16.87	0.42	0.255	0.54
91	Parte alta	1.1	0.8	17.3	0.93	0.467	0.54
92	Parte alta	0.63	1	14.7	0.6	0.471	0.54
93	Parte alta	0.81	0.74	11.56	0.32	0.138	0.54

94	Parte alta	0.77	0.76	10.5	0.87	0.395	0.54
95	Parte alta	0.96	0.83	13.98	0.9	0.487	0.54
96	Parte alta	0.73	0.91	11.4	0.63	0.41	0.84
97	Parte alta	0.68	0.65	13.64	1.02	0.338	1.46
98	Parte alta	1	0.75	15.5	0.78	0.344	0.36
99	Parte alta	0.87	0.86	16.23	0.56	0.325	0.54
100	Parte alta	0.76	0.78	13.38	0.94	0.449	0.54
						0.462	0.690

Ubicación	Volumen producido (m <sup>3</sup> )	Volumen extraído a diario (m <sup>3</sup> )
Parte Baja	0.413	1.09
Parte Media	0.379	0.898
Parte Alta	0.462	0.69

### ANEXO 3

#### Datos de pozos por propietario

No	Propietario	Ubicación	Brocal (m)	Diámetro (m)	Profundidad del pozo (m)	Columna de agua (m)	Volumen producido (m <sup>3</sup> )	Volumen extraído (m <sup>3</sup> )
1	Ricardo Navarro	Parte baja	0.8	0.6	9.85	1.02	0.288	1.84
2	Manuel Constancia	Parte baja	0.68	0.93	9.25	0.83	0.564	2.37
3	Carlos Vásquez	Parte baja	0.73	0.88	10.2	1.32	0.803	0.54
4	María Bustillo	Parte baja	0.4	1	14	1	0.785	1.54
5	Ester Gómez	Parte baja	0.6	0.76	13.02	1	0.454	0.54
6	María Alvarenga	Parte baja	0.78	0.9	14.06	-	-	-
7	Juan Castro Flores	Parte baja	1	0.91	11.23	0.34	0.221	0.36
8	Marta Julia Guevara	Parte baja	0.76	0.65	9.88	1.4	0.464	0.69
9	Anacleto Morales	Parte baja	0.73	0.66	9.84	0.75	0.256	1.3
10	Jerónima Vásquez	Parte baja	0.96	0.74	13.38	0.9	0.387	1.69
11	María Ana Ramos	Parte baja	0.78	0.75	15.21	1	0.442	0.54
12	José Domingo Ramos	Parte baja	0.84	0.65	18.3	1.13	0.375	1.15
13	Carlos Guerra	Parte baja	0.63	0.74	13.9	0.91	0.391	0.54
14	Juan Vicente Peña	Parte baja	0.87	0.91	18.1	0.66	0.429	3
15	Carmelina Polanco	Parte baja	0.66	0.66	9.4	0.74	0.253	0.54
16	Victoria Escobar	Parte baja	0.77	0.88	18.24	1.16	0.705	0.54
17	Teresa de Rivas	Parte baja	0.85	0.76	11.4	0.75	0.34	0.54
18	Olga Marina Rivas	Parte baja	0.74	0.68	8.45	0.51	0.185	1.69
19	Nery Monterrosa	Parte baja	0.9	0.9	7.67	0.7	0.445	2.66
20	Oliberta Ramos	Parte baja	1	0.85	13.8	0.5	0.284	0.54
21	Hocalinda Figueroa	Parte baja	0.83	0.96	10.6	0.62	0.449	1.69

22	José Abel Aguilar	Parte baja	0.7	0.87	15.4	1.15	0.684	1.69
23	Julio Flores	Parte baja	0.68	0.76	16	0.96	0.435	0.54
24	Filemón Castro	Parte baja	0.65	0.84	11.3	0.8	0.443	0.18
25	Regino Gutiérrez	Parte baja	0.88	0.66	12.6	0.73	0.25	0.54
							0.413	1.090
26	Martín García	Parte media	0.52	0.63	19.08	1.2	0.374	1.15
27	Francisco Pérez	Parte media	0.5	0.7	17.53	1	0.385	0.54
28	Pablo Pérez	Parte media	0.96	0.8	16.6	1.84	0.925	0.54
29	Patricia López	Parte media	0.9	0.83	13.3	0.46	0.249	1.69
30	Omar Zelaya	Parte media	0.75	0.65	12.36	0.37	0.123	2.66
31	María Hernández	Parte media	0.51	0.78	13.77	0.26	0.124	0.54
32	Rosa Zelaya	Parte media	0.45	0.93	16.55	2.23	1.51	1.69
33	José Estrada	Parte media	1	0.7	7.64	0.53	0.203	0.54
34	Lorenzo Argueta	Parte media	0.83	0.9	16.27	0.46	0.293	1.15
35	Petrona Áreas	Parte media	1	0.76	15.11	0.49	0.222	0.54
36	Ana María Romero	Parte media	0.7	0.6	12.77	0.42	0.119	3
37	Encilma Cabrera	Parte media	0.7	0.78	13.06	0.33	0.158	0.54
38	Alba quintanilla	Parte media	0.74	0.75	12.66	-	-	-
39	Cristina Maltés	Parte media	0.7	0.74	12.6	1.13	0.486	1.14
40	Deysi López	Parte media	1	0.76	12.77	0.68	0.308	0.84
41	Milagro Viera	Parte media	0.5	0.8	13.4	0.9	0.452	0.54
42	Raul Vaquero	Parte media	0.76	0.92	9.8	0.46	0.306	0.92
43	Sara Umaña	Parte media	0.97	0.87	13.47	0.37	0.22	0.54
44	Félix Castro	Parte media	0.92	0.73	7.73	0.57	0.238	0.54
45	Félix Aguilar Aquino	Parte media	0.81	0.84	14.6	0.64	0.355	0.54
46	Audelino Polanco	Parte media	0.86	0.78	8.7	0.95	0.454	0.98
47	Concepción Hércules	Parte media	0.93	0.96	9.1	0.6	0.434	0.54
48	Pedro Morales	Parte media	0.77	0.76	8.15	1.3	0.59	0.54
49	Israel Martínez García	Parte media	0.84	0.7	12.04	0.95	0.366	0.54
50	Israel Mancia	Parte media	0.68	0.82	13.68	0.78	0.412	0.54

51	María Lilian Tejada	Parte media	1	0.68	10	1.34	0.487	0.36
52	Juan Antonio Lemus	Parte media	0.85	0.98	9.22	0.96	0.724	0.69
53	Juan Hércules	Parte media	0.8	0.76	11.32	0.83	0.376	1.3
54	Julián castro	Parte media	0.96	0.74	9.88	0.67	0.288	0.84
55	Sofía Lemus	Parte media	0.65	0.7	13.83	0.46	0.177	0.54
56	José Regalado	Parte media	0.84	0.75	14.21	0.75	0.331	1.69
57	Carlos Morales	Parte media	0.76	0.87	9.45	0.74	0.44	0.54
							0.379	0.898
58	Damaris Díaz	Parte alta	0.65	0.67	13.79	0.92	0.324	1.69
59	Carolina Santos	Parte alta	0.6	0.73	13.33	0.81	0.339	0.54
60	María Alemán	Parte alta	0.45	0.76	14.48	0.89	0.404	0.18
61	Santos Ortiz	Parte alta	0.93	0.7	14.3	0.46	0.177	0.54
62	Salvador Navarro	Parte alta	0.6	0.9	17.58	2.46	1.56	0.92
63	Rosa Argueta	Parte alta	0.51	0.85	17.24	1.22	0.692	0.54
64	María de la Paz	Parte alta	0.79	0.7	15.34	0.52	0.2	0.54
65	Nelson Ferman	Parte alta	0.8	0.75	15.55	0.79	0.349	0.54
66	Fredy Hernández	Parte alta	0.73	0.88	15.45	1.7	1.033	0.98
67	Miguel Márquez	Parte alta	0.9	0.86	11.84	1.72	0.999	0.54
68	Timoteo Cruz	Parte alta	0.8	0.95	11.6	1.36	0.964	0.57
69	Irma Fuentes	Parte alta	0.63	0.8	12.89	0.43	0.216	0.54
70	Juan Gavidia	Parte alta	0.75	0.85	12.74	1.44	0.817	0.54
71	Rosa Hernández	Parte alta	1	0.74	13.19	1.31	0.563	3.24
72	Reina Guevara	Parte alta	0.96	0.76	15.43	0.22	0.099	0.54
73	Maximina García	Parte alta	0.63	0.9	16.42	1.95	1.24	0.54
74	Sigfredo Guevara	Parte alta	1	0.6	15.87	1.22	0.345	0.54
75	Juana Rubio	Parte alta	0.65	0.7	16.15	1.05	0.404	0.54
76	David Prudencio	Parte alta	0.72	0.76	14.96	2.27	1.03	0.54
77	Alcides Méndez	Parte alta	0.7	0.8	14.19	0.46	0.231	0.54
78	Iris del Carmen	Parte alta	0.85	0.83	13.36	0.23	0.124	0.84

79	José Cruz	Parte alta	1	0.9	13.68	0.23	0.146	1.46
80	Isabel Portillo	Parte alta	0.83	0.76	12.65	0.28	0.127	0.36
81	María Hilda Benítez	Parte alta	0.74	0.7	13.5	0.53	0.204	0.54
82	José Carlos	Parte alta	1.2	0.8	13	0.58	0.292	0.54
83	Carla Patricia	Parte alta	0.56	0.87	13.48	0.13	0.077	0.54
84	Zoila Hernández	Parte alta	0.83	0.96	14.52	0.84	0.608	0.54
85	Antonio Wembes	Parte alta	0.77	0.8	11.69	0.75	0.377	0.54
86	Rebeca Romero	Parte alta	0.86	0.95	12	0.89	0.631	0.54
87	Maximino Martínez	Parte alta	0.69	0.74	11.83	0.51	0.219	0.18
88	José Santos	Parte alta	0.9	0.74	13.25	1.63	0.701	0.54
89	Humberto Aguilar	Parte alta	0.78	0.66	15.85	0.84	0.287	0.92
90	Margarito Hércules	Parte alta	1	0.88	16.87	0.42	0.255	0.54
91	Jorge Valdivieso	Parte alta	1.1	0.8	17.3	0.93	0.467	0.54
92	Juana Castaneda	Parte alta	0.63	1	14.7	0.6	0.471	0.54
93	Manuel Aragón	Parte alta	0.81	0.74	11.56	0.32	0.138	0.54
94	Alfonso Interiano	Parte alta	0.77	0.76	10.5	0.87	0.395	0.54
95	Elizabeth Lemus	Parte alta	0.96	0.83	13.98	0.9	0.487	0.54
96	Antonio Pineda	Parte alta	0.73	0.91	11.4	0.63	0.41	0.84
97	Nieves Mancia	Parte alta	0.68	0.65	13.64	1.02	0.338	1.46
98	Francisco Tejada	Parte alta	1	0.75	15.5	0.78	0.344	0.36
99	Marco Tulio Calderón	Parte alta	0.87	0.86	16.23	0.56	0.325	0.54
100	José Antonio Castro	Parte alta	0.76	0.78	13.38	0.94	0.449	0.54

## ANEXO 4

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas de campo para la determinación de la permeabilidad de los suelos en la zona hidrográfica del Cantón Anchico. Resumen de los resultados de pruebas de permeabilidad por el método de Porchet.

### Prueba N°1

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	9:15	9:45	0	16	16
2	9:45	10:15	16	18.6	2.6
3	10:15	10:45	18.6	20.7	2.1
4	10:45	11:15	20.7	22.3	1.6

### Prueba N°2

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	9:00	9:30	0	11.2	11.2
2	9:30	10:00	11.2	15.2	4.0
3	10:00	10:30	15.2	17.1	1.9
4	10:30	11:00	17.1	18.4	1.3

### Prueba N°3

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	10:00	10:30	0	11.4	11.4
2	10:30	11:00	11.2	14.7	3.5
3	11:00	11:30	14.7	16	2.7
4	11:30	12:00	16	16.8	0.8

### Prueba N°4

N°	Hora Inicial	Hora Final	Lectura inicial (cm)	Lectura final (cm)	Diferencia (cm)
1	11:00	11:30	0	9.8	9.8
2	11:30	12:00	9.8	12.4	2.6
3	12:00	12:30	12.4	15	3.4
4	12:30	1:00	15	17	2.0

## ANEXO 5

### Calculo de caudal.

Para determinar el caudal del rio Huiscoyol se dividió el cauce en 5 tramos en una longitud recta de 7 metros y luego se midió la profundidad de cada tramo, acto seguido se procedió a medir el tiempo que recorría el flotador en cada sección del cauce para así determinar la velocidad con la que se iba a calcular el caudal

$$L1 = L2 = L3 = L4 = L5 = 0.44 \text{ m}$$

$$H1 = 0.20 \text{ m}$$

$$H2 = 0.18 \text{ m}$$

$$H3 = 0.185 \text{ m}$$

$$H4 = 0.09 \text{ m}$$

A continuación se muestra el resumen de los tiempos registrados.

Tramo (Metros)	Tiempo (Segundos)
De 0 a 0.44	73
De 0.44 a 0.88	63
De 0.88 a 1.32	56
De 1.32 a 1.76	71
De 1.76 a 2.20	126

Las ecuaciones empleadas fueron las siguientes:

$$A_1 = \frac{H_1 + H_2}{2} L_1$$

$$v = \frac{L}{T}$$

$$Q = K \times v \times A$$

Se tomó  $K = 0.5$  porque la profundidad del cauce era mayor a 15 cm.

**Tramo 1:**

$$A_1 = \frac{0 + 0.20 \text{ m}}{2} \times 0.44 \text{ m} = 0.044 \text{ m}^2$$

$$V_1 = \frac{7 \text{ m}}{73 \text{ s}} = 0.0959 \text{ m/s}$$

$$Q_1 = 0.5 \times 0.044 \text{ m}^2 \times 0.0959 \text{ m/s} = 0.00211 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tramo 2:**

$$A_2 = \frac{0.20 \text{ m} + 0.18 \text{ m}}{2} \times 0.44 \text{ m} = 0.0836 \text{ m}^2$$

$$V_2 = \frac{7 \text{ m}}{63 \text{ s}} = 0.111 \text{ m/s}$$

$$Q_2 = 0.5 \times 0.0836 \text{ m}^2 \times 0.111 \text{ m/s} = 0.00464 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tramo 3:**

$$A_3 = \frac{0.18 \text{ m} + 0.185 \text{ m}}{2} \times 0.44 \text{ m} = 0.0803 \text{ m}^2$$

$$V_3 = \frac{7 \text{ m}}{56 \text{ s}} = 0.125 \text{ m/s}$$

$$Q_3 = 0.5 \times 0.0803 \text{ m}^2 \times 0.125 \text{ m/s} = 0.00502 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tramo 4:**

$$A_4 = \frac{0.185 \text{ m} + 0.09 \text{ m}}{2} \times 0.44 \text{ m} = 0.0605 \text{ m}^2$$

$$V_4 = \frac{7 \text{ m}}{71 \text{ s}} = 0.0986 \text{ m/s}$$

$$Q_4 = 0.5 \times 0.0605 \text{ m}^2 \times 0.0986 \text{ m/s} = 0.00298 \text{ m}^3/\text{s}$$

**Tramo 5:**

$$A_5 = \frac{0.09 \text{ m} + 0}{2} \times 0.44 \text{ m} = 0.0198 \text{ m}^2$$

$$V_5 = \frac{7 \text{ m}}{126 \text{ s}} = 0.0556 \text{ m/s}$$

$$Q_5 = 0.5 \times 0.0198 \text{ m}^2 \times 0.0556 \text{ m/s} = 0.000550 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Total} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q_{Total} = 0.00211 \text{ m}^3/\text{s} + 0.00464 \text{ m}^3/\text{s} + 0.00502 \text{ m}^3/\text{s} + 0.00298 \text{ m}^3/\text{s} \\ + 0.000550 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{Total} = 0.0153 \text{ m}^3/\text{s}$$

