

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
ESCUELA DE POSGRADO Y EDUCACION CONTINUA**

**PROGRAMA DE POSGRADO EN AGRONOMIA  
TROPICAL SOSTENIBLE**



**“DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE LOS  
RÍOS COPINULA, EL NARANJO, GUAYAPA Y CARA  
SUCIA, EN LA REGIÓN HIDROGRÁFICA CARA SUCIA -  
SAN PEDRO BELÉN, AHUACHAPÁN EL SALVADOR”**

**Lic. Ada Yanira Arias de Linares**

**TESIS**

**Presentada como requisito parcial para obtener el Grado de:  
Maestra en Ciencias en Agricultura Sostenible**

**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2013**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARÍA GENERAL:**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS**

**DECANO:**

ING. M. Sc. JUAN ROSA QUINTANILLA QUINTANILLA

**SECRETARIO:**

ING. M. Sc. LUIS FERNANDO CASTANEDA ROMERO

Esta Tesis fue realizada bajo la dirección del Tribunal Evaluador de Tesis indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

**Maestra**  
**en Ciencias en Agricultura Sostenible**  
**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2013**

**Tribunal Evaluador de Tesis**

---

Ing. M. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez  
Asesor de Tesis y Presidente del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero  
Secretario y Miembro del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Lic. M. Sc. Mario Enrique Sagastizado Méndez  
Vocal y Miembro del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Coordinador de la Unidad de Posgrado

## **Dedicatoria**

A Dios Todo Poderoso

Por la sabiduría al permitirme obtener este triunfo.

A mi Madre

Como un homenaje a su memoria.

A mi Padre

Por su amor y apoyo.

A mi Esposo.

Por su amor, paciencia, comprensión y apoyo en el transcurso de este proyecto.

A mis hijos Katherine y Nelson Edgardo,

Quienes son mis ángeles e inspiración para alcanzar las metas propuestas.

A mis Hermanas y Hermano

Por todo el apoyo que me brindaron.

## **Agradecimientos**

Mis sinceros agradecimientos a

Todos los miembros del tribunal evaluador de tesis, por su apoyo en las diferentes áreas técnicas de la investigación y sugerencias en el desarrollo del mismo, en especial a mi asesor de tesis Ing. M. Sc. Mario Antonio Orellana Núñez, por su ayuda y comprensión a lo largo de toda la investigación.

Al personal del Departamento de Química Agrícola por su colaboración en el desarrollo de la investigación y especialmente por la amistad brindada.

Al personal del laboratorio de Microbiología del departamento de Protección Vegetal por su colaboración.

A la Universidad de El Salvador y Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias agronómicas, por brindarme la oportunidad de continuar mis estudios.

A la Facultad de Ciencias Agronómicas y a la Universidad de El Salvador, por el financiamiento de mis estudios.

Al Proyecto BASIM/UICN por el apoyo y colaboración en el desarrollo de esta investigación

## INDICE

	Página
RESUMEN.....	17
ABSTRACT .....	19
I. Introducción .....	21
II. Planteamiento del problema.....	23
III. Objetivos .....	24
3.1. Objetivo General .....	24
3.2 Objetivos Específicos.....	24
IV. Hipótesis.....	24
V. Marco teórico conceptual.....	25
5.1 Región hidrográfica.....	25
5.2. Cuenca hidrográfica .....	25
5.2.1 División de una cuenca .....	26
5.2.2. Micro cuenca hidrográfica .....	26
5.3. Regiones Hidrográficas de El Salvador .....	27
5.4. Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén .....	28
5.4.1. Población.....	28
5.4.2. Características socioeconómicas de la Región Hidrográfica “C” .....	29
5.4.3. Características climáticas de la Región Hidrográfica “C” .....	30
5.5 Calidad del agua.....	41
5.5.1 Parámetros de calidad del agua.....	42
5.5.2. Parámetros físicos para determinar la calidad del agua .....	43
5.5.3 Parámetros Químicos para determinar la calidad de agua .....	45
5.5.4 Parámetros Biológicos para determinar la Calidad del Agua .....	48

5.6 Usos del agua .....	50
5.7 Clasificación de la calidad de las aguas .....	54
5.8. Contaminantes de aguas superficiales.....	59
5.8.1. Origen de la contaminación de las aguas superficiales.....	59
5.9. Clasificación de contaminantes en aguas superficiales.....	62
5.10 Métodos de análisis para determinar parámetros químicos en la calidad del Agua... 65	
VI. Metodología .....	67
6.1 Localización y generalidades del área en la que se realizó el estudio.....	67
6.2 Determinación de los puntos de muestreo .....	68
6.3 Toma de muestra .....	69
6.4. Medición de caudal (medición de la cantidad de agua) .....	70
6.5 Mediciones fisico-químicas de campo .....	71
6.6. Análisis de Laboratorio .....	71
6.6.1 Determinación de parámetros físicos y químicos .....	72
6.6.2 Pruebas Microbiológicas.....	74
6.7 Caracterización de la calidad de agua de los ríos con base a resultados fisico-químico obtenidos .....	76
6.8. Identificación de las Fuentes Probables de Contaminación.....	78
VII. Analisis de resultados .....	79
7.1 Resultados físico-químicos y microbiológicos .....	79
7.1.1 Caudales .....	85
7.2 Calidad de agua parámetros físicos.....	88
7.2.1. Sólidos totales disueltos.....	89
7.2.2. Conductividad eléctrica.....	92
7.2.3 Temperatura .....	94
7.3. Parámetros químicos .....	97
7.3.1Potencial de Hidrogeno (pH) .....	97
7.3.2 Nitratos (NO <sub>3</sub> ).....	100
7.3.3 Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) mg/l.....	103
7.3.4 Sulfatos (SO <sub>4</sub> ).....	106
7.3.5 Dureza .....	108

7.4 Parámetros Biológicos –Microbiológicos .....	113
7.4.1 Oxígeno disuelto (OD) mg/l .....	113
7.4.2 Análisis microbiológico del agua número más probable de Coliformes Fecales (NMP/100 ml) .....	116
7.5 Caracterización de la calidad de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula en base a resultados físico-químicos y Biológicos.....	119
7.5.1 Aspectos sociales de las comunidades aledañas a los ríos.....	120
7.5.2 Aspectos Ambientales.....	126
7.5.3 Aspectos Económicos. ....	129
VIII Conclusiones. ....	131
IX. Recomendaciones .....	133
X. Bibliografía.....	135
XI Anexos .....	142

## INDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Regiones Hidrográficas en El Salvador.....	27
Cuadro 2. Habitantes de los municipios que forman parte de la Región Hidrográfica “C” de El Salvador .....	29
Cuadro 3. Cuencas de la Región Hidrográfica “C”, áreas y sus respectivos ríos .....	31
Cuadro 4 Formaciones fisiográficas de la Región Hidrográfica “C” .....	33
Cuadro 5. Área aproximada de las cuencas y drenajes de la Región Hidrográfica “C” ....	34
Cuadro. 6 Principales cuencas de la Región Hidrográfica “C, con sus respectivos ríos y zona de descarga. ....	35
Cuadro 7 Parámetros físicos y químicos para determinar la calidad de agua en una red típica.....	43
Cuadro 8 Parámetros microbiológicos para determinar la calidad del agua.....	50
Cuadro 9 Efecto de la salinidad en las plantas.....	52
Cuadro 10 Tolerancia de contaminantes por animales.....	52
Cuadro 11 Clasificación del agua para consumo humano. ....	55
Cuadro 12Clasificación del agua según índice de calidad físico-químico.....	56
Cuadro 13Valores del índice Biótico (BMWP). ....	57
Cuadro 14Categorización avalada por la UNESCO .....	58
Cuadro 15 Principales Contaminantes Producidos por el Sector Industrial.....	61
Cuadro 16 Principales agroquímicos utilizados en la Región Hidrográfica Cara Sucia – San Pedro Belén .....	64
Cuadro 17 Puntos de muestreo en la parta alta, media, baja y comunidades aledañas a los ríos en estudio. ....	69
Cuadro 18 Parámetros físicos para calidad de agua.....	72
Cuadro 19Parámetros químicos para calidad de agua.....	73
Cuadro 20 Parámetros Biológicos para calidad de agua.....	73
Cuadro 21 Procedimiento de pruebas para el estudio de coliformes .....	75
Cuadro 22 Parámetros de Calidad Microbiológica de Agua Potable en El Salvador, Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:99 .....	76

Cuadro 23 Parámetros Bacteriológicos para determinar calidad de agua. (Norma y regulaciones de calidad para uso del agua) .....	77
Cuadro 24 Parámetros físico-químico para determinar calidad de agua. (Norma y regulaciones de calidad para uso del agua) .....	78
Cuadro 25 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río “Cara Sucia. ....	81
Cuadro 26 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río El Naranjo .....	82
Cuadro 27 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río “Guayapa .....	83
Cuadro 28 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río Copinula.....	84
Cuadro 29 Caudales (m <sup>3</sup> /s) de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula .....	85
Cuadro 30 Valoración del agua en grados hidrométricos .....	111
Cuadro 31 Resultados de dureza en grados hidrométricos de los ríos Cara Sucia, El .....	112
Cuadro 32 Clasificación de las aguas de riego basadas en la CE a 250C .....	119
Cuadro 33 Caracterización de la calidad de agua de los ríos basados en los resultados Obtenidos. ....	120
Cuadro 34 Resumen de Aspectos sociales de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006). ....	121
Cuadro 35 Resumen de aspectos ambientales de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006) .....	127
Cuadro 36 Resumen de aspectos económicos de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C”-Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006). ....	130

## INDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1 Mapa de la ubicación de la Región hidrográfica “C”, Cara Sucia - San Pedro Belén. ....	68
Figura 2 Toma de muestra de agua en campo de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la región Hidrográfica “C” de El Salvador y almacenamiento de muestras para determinación de parámetros físico químico en el Laboratorio de Química Agrícola. ....	70
Figura 3 Medición del caudal del Río Guayapa de la Región hidrográfica C en el departamento de Ahuachapán, utilizando un molinete marca AOTT.....	71
Figura 4 Determinación en campo de parámetros físico-químico para el análisis de la calidad de agua de los ríos Cara Sucia, San Pedro Belén, El Naranjo y Copinula de la región Hidrográfica “C” de El Salvador, utilizando una sonda multiparametro.....	71
Figura 5 Análisis de muestra de agua para la determinación de parámetros físico químico en el Laboratorio de Química Agrícola para el análisis de la calidad de agua de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la región Hidrográfica C de El Salvador .....	72
Figura 6 Caudales (m <sup>3</sup> /s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia. San Francisco Menéndez, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	86
Figura 7 Caudales (m <sup>3</sup> /s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo. San José El Naranjo, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas .....	86
Figura 8 Caudales (m <sup>3</sup> /s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	87
Figura 9 Caudales (m <sup>3</sup> /s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas..	87
Figura 10 Solidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	89

Figura 11 Solidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo. San José El Naranjo, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	90
Figura 12 Solidos totales disueltos (mg/l) Registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005 UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	90
Figura 13 Solidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres.....	91
Figura 14 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	92
Figura 15 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo Ahuachapán. 2005.....	93
Figura 16 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	93
Figura 17 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	94
Figura 18 Temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	95
Figura 19 Temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas.....	95
Figura 20 Temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	96
Figura 21 Temperatura del agua ( $^{\circ}\text{C}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	96

Figura 22 Potencial de Hidrogeno (unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	98
Figura 23 Potencial de Hidrogeno (pH unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas .....	98
Figura 24 Potencial de Hidrogeno (pH unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	99
Figura 25 Potencial de Hidrogeno (unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	99
Figura 26 Concentración de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas .....	101
Figura 27 Concentración de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas .....	101
Figura 28 Concentracion de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	102
Figura 29. Concentracion de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas .....	103
Figura 30 Concentracion de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	104
Figura 31 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	104

Figura 32 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	105
Figura 33 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año .....	106
Figura 34 Concentración de iones sulfatos en época lluviosa y seca lluviosa de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula .....	107
Figura 35 Concentración de iones sulfatos en época seca de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula .....	108
Figura 36 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ - $\text{Mg}^{+2}$ ) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómica .....	109
Figura 37 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ - $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres .....	109
Figura 38 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ - $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas .....	110
Figura 39 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ - $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	110
Figura 40 Oxígeno Disuelto (OD) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	114
Figura 41 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.....	114
Figura 42 Oxígeno Disuelto (OD) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	115
Figura 43 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES	

Facultad de Ciencias Agronómicas .....	116
Figura 44 Coliformes Fecales NMP/100ml, registrados en tres épocas del año y en tres	117
Figura 45 Coliformes Fecales NMP/100ml registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	117
Figura 46 Coliformes Fecales NMP/100ml) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	118
Figura 47 Coliformes Fecales NMP/100ml registrados en tres épocas del año y en puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas .....	118

## INDICE DE ANEXOS

	Página
Anexo 1 Regiones Hidrográficas de El Salvador .....	142
Anexo 2 Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua” .....	143
Anexo 3 Encuesta para Estudio Socioeconómico .....	144
Anexo 4 Cuadros Socioeconómicos SPSS.....	147
Anexo 5 Impactos Generados por el Uso del Agua para Riego en la Zona del Proyecto BASIM-UICN .....	155
Anexo 6 Categorías del Agua de Acuerdo a Parámetros Fisicoquímicos.....	156
Anexo 7 Usos y Categorías del Agua .....	156
Anexo 8 Parámetros Fisicoquímicos para Evaluar la Calidad del Agua .....	157
Anexo 9 Presencia de sustancias químicas en aguas. Valor recomendado y Valor Máximo Admisible.....	158
Anexo 10 Sustancias Químicas de Tipo Inorgánico de Alto Riesgo para la Salud .....	159
Anexo 11 Sustancias Orgánicas de Riesgo para la Salud .....	160
Anexo 12 Valores Máximos Admisibles de Residuos de Plaguicidas en aguas superficiales .....	161
Anexo 13 Cloro Residual Libre en Aguas con Valores Recomendables y Admisibles en uso domestico.....	162
Anexo 14 Parámetros de calidad para agua de riego .....	162
Anexo 15 RAS .....	163
Anexo 16 Norma CONAYT NSO 13.49.01:06.Requerimientos para toma de muestra. Recipientes para muestreo y perseverantes de componentes en agua.....	164
Anexo 17 Límites de los Parámetros de Calidad para Cuerpos de Agua Superficial Del Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental. ....	165

## RESUMEN

LINARES, AY. 2012. Determinación de la Calidad de agua de los ríos Copinula, El Naranjo, Guayapa y Cara Sucia, en La Región Hidrográfica Cara Sucia- San Pedro Belén, Ahuachapán El Salvador. Tesis de Maestría en Agricultura Sostenible Universidad de El Salvador, Facultad de Ciencias Agronómicas El Salvador. 165 p.

La investigación se realizó en la en La Región Hidrográfica Cara Sucia- San Pedro Belén (Región Hidrográfica C), ubicada al sur del Departamento de Ahuachapán, en cuatro ríos ubicados en los municipios de San Francisco Menéndez (Río Cara Sucia), Guaymango (Río El Naranjo), Jujutla, (Río Guayapa), San Pedro Puxtla y Acajutla (Río Copinula). El trabajo se dividió en tres fases de campo, iniciando el muestreo y análisis en la época de transición seca-lluviosa correspondiente a los meses de Abril-mayo, época lluviosa en el mes de junio del año 2005 y cerrando el ciclo de muestreo en la época seca en el mes de Enero del año 2006. Las muestras fueron tomadas en campo y llevadas al laboratorio bajo las normas específicas para su posterior análisis; los parámetros temperatura, conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS), y oxígeno disuelto (OD) se tomaron en campo con un medidor multiparametro portátil marca HACH, modelo Sesión 156 pH Conductividad/ TDS/Salinidad/Oxígeno Disuelto/Temp. Posteriormente, se analizaron las muestras en el laboratorio de Química Agrícola de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador. En cada fase y en tres puntos de muestreo de cada uno de los ríos, se midió el caudal ( $m^3/s$ ) y se tomaron las respectivas muestras de agua para los correspondientes análisis físico-químicos y microbiológicos. Los análisis físicos realizados en el laboratorio fueron: Sólidos totales disueltos (mg/l), conductividad eléctrica ( $\mu s/cm$ ) y temperatura ( $^{\circ}C$ ). Los análisis químicos: pH, Nitratos ( $NO_3$  en mg/l), Fosfatos ( $PO_4$  en mg/l), sulfatos (mg/l), Dureza (Ca-Mg .mg/l), Calcio (Ca mg/l) y Magnesio (Mg mg/l). Los análisis biológicos fueron: Oxígeno disuelto (OD en % saturación), coliformes fecales y coliformes totales (CF. NMP/100 ml). Los resultados de estos análisis, permitieron hacer una comparación con las normas de calidad de agua con el objeto de verificar si están dentro de los límites permisibles, lo que determinó la calidad de agua de estos ríos, tomando como referencia la categorización avalada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología de El Salvador (CONACYT), la Organización Mundial

de la Salud (OMS) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP). Los resultados muestran que el río Guayapa y Copinula son los que presentan los mayores niveles de contaminación química por fosfatos, alcanzando concentraciones máximas de 1.0 mg/l. Los cuatro ríos en estudio presentan niveles de contaminación microbiológica alta, siendo el Río Cara Sucia el más contaminado, con valores hasta de 7500 NMP/100 ml. de Coliformes fecales. El río El Naranjo fue el que presentó menores niveles de contaminación química, específicamente en la parte alta; sin embargo, en la parte baja presentó niveles altos de contaminación microbiológica, 6000NMP/100 ml de coliformes fecales. Las contaminaciones encontradas, posiblemente se deban a productos químicos que son utilizados en las diversas actividades agrícolas y pecuarias, el uso del agua para las actividades domésticas y de recreación que realizan las poblaciones aledañas y los visitantes a los ríos en estudios.

Palabras Claves: Cuenca, Región Hidrográfica, caudal, río, contaminación, calidad de agua, usos del agua, parámetros de calidad, contaminantes químicos, contaminantes biológicos, aguas superficiales.

## **ABSTRACT**

LINARES, AY. 2012. Determination of water quality of rivers Copinula, El Naranjo, and Cara Sucia Guayapa in Cara Sucia Hydrographic Región-San Pedro Bethlehem, Ahuachapán El Salvador. Master Thesis in Sustainable Agriculture University of El Salvador, Faculty of Agricultural Sciences The Salvador.165 p.

The investigation was realized in the hydrographical region C (located in the south of Ahuachapán's Department), in four rivers situated in the municipality of San Francisco Menéndez, Guaymango, Jujutla, San Pedro Puxtla and Acajutla that is in Sonsonate's Department of El Salvador. The research was divided in three phases: the sampling and the analysis were firstly made in the transition from dry season to rainy season (April-May), later in the rainy season (June 2005) and to end the sampling cycle in January 2006. In every phase and in three points of sampling, the Flow (Q) was measured and the samples were physical, chemical and microbiologically analyzed. The physical analysis was: Total dissolved solids (TDS mg/l), Electrical conductivity (CE  $\mu$ s/cm) and Temperature (T °C).

The chemical analysis was: pH, Nitrates (NO<sub>3</sub> mg/l), Phosphates (PO<sub>4</sub> mg/l), Sulfates (mg/l), Hardness (Ca-Mg mg/l), Calcium (Ca mg/l) and Magnesium (mg/l). Biological analysis: Dissolved Oxygen (OD %Saturation) and fecal coliforms (CF NMP/100 ml). The samples were taken in the field and transported to the laboratory as the specific normative says for its later analysis. The temperature, Conductivity, Total dissolved solids and Dissolved Oxygen parameters were taken in the field with a multi-parameter portable meter (HACH brand, Session 156 model). pH/ Conductivity/ TDS/Salinity/Dissolved Oxygen/Temperature were later analyzed in the Agricultural Chemistry Laboratory of the Faculty of Agronomic Sciences. The results of the analysis allowed making a comparison with the norms for water quality, to verify if they are in the permitted limits and to characterize the water quality in these rivers using the approved references of the CONACYT, Worldwide Health Organization (OMS) and the United Nations Environment Programmed (UNEP).

The results reported that Guayapa and Copinula rivers presented the highest levels of chemical contamination to Phosphates (1.0 mg/l). The four rivers in research presented levels of microbiological contamination, Cara Sucia river was the most contaminated with values up to 7500 NMP/100 ml. Naranjo was the river that reported the minor levels of chemical contamination, especially in the high zone; but in the low zone, the levels of microbiological contamination were high (6000 NMP/100 ml of Fecal coliforms).

The contamination of the rivers in research possibly can be caused by chemical products that are used in many agricultural, livestock, domestic and recreational activities of the populations close to the rivers in the study and the tourists.

Key words: River, contamination, water quality, water uses quality parameters, Chemical contaminants, Biological contaminants, surface water

## **I. Introducción**

Las aguas superficiales de los continentes fueron las más visiblemente contaminadas durante muchos años, pero precisamente al ser tan visibles los daños que sufren, son las más vigiladas y las que están siendo regeneradas con más eficacia en muchos lugares del mundo, especialmente en los países desarrollados. El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales y subterráneas ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua (Rubio, 1994).

En El Salvador, la problemática de la contaminación de los recursos hídricos superficiales, está ligada al desarrollo de las regiones, asentamientos urbanos, industria y agricultura; que aunado a la falta de sistemas de tratamiento de aguas residuales vuelve crítica la sustentabilidad de estos recursos hídrico (SNET / Servicio Hidrológico Nacional 2001).

El mal uso ha conducido a su contaminación, debido a que el ser humano con sus grandes avances tecnológicos o por falta de educación, no es capaz de tomar en consideración los problemas mundiales que esto ocasiona. La calidad del agua está en relación con el propósito para el cual se emplea; de esta manera determinadas condiciones de su uso señalan la adecuación de un cuerpo de agua (FAO, 1993).

En algunos casos, la presencia de contaminantes peligrosos, se revela solo por medio de pruebas químicas precisas. Para saber en qué condiciones se encuentra un río, se analizan una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos. Después se comparan estos datos con otros aceptados internacionalmente, que indicarán la calidad del agua para los distintos usos: consumo, vida de los peces, baño y actividades recreativas (Seoanez, 2002).

El estudio de la calidad de agua en la Región Hidrográfica Cara Sucia-San Pedro Belén, es de suma importancia; ya que los ríos Cara Sucia, Guayapa, Copinula y El Naranjo forman parte de las fuentes superficiales utilizadas para uso agrícola y consumo. Estas fuentes poseen registros de autorizaciones para usuarios.

La cantidad de usuarios reportados con autorización para riego es grande, lo cual indica una alta demanda por el agua en cada una de las cuencas. Estudios preliminares determinaron que el río Guayapa registra el mayor número de usuarios registrados; en el área agrícola; de igual forma, los ríos, Cara Sucia, El Naranjo y Copinula, poseen una fuerte demanda de agua. La utilización no racional del agua superficial genera impactos en los ambientes acuáticos, entre usuarios del riego y con las comunidades aguas abajo de las derivaciones (BASIM, 2004).

En esta investigación, se realizó un monitoreo de las aguas de los ríos Cara Sucia, Guayapa, Copinula y El Naranjo, en tres etapas las cuales cubrieron tres épocas, transición (seca lluviosa), lluviosa y seca.

## **II. Planteamiento del Problema**

Las tres regiones Hidrográficas más importantes del occidente de El Salvador son: La Región hidrográfica del Río Paz, Región Hidrográfica Cara Sucia San Pedro Belén y la región hidrográfica del Río Sonsonate. La zona en estudio comprende la región Hidrográfica Cara Sucia San Pedro Belén, con un amplio territorio en la zona Sur de Ahuachapán. Esta área cubre 674 km<sup>2</sup> y abarca un 3.2% del territorio nacional (MINED, 1995; 2004).

Los ríos en estudio Cara Sucia, El Naranjo, Copinula y Guayapa, están comprendidos entre las principales fuentes hidrográficas de la región, por su importancia en cuanto a uso agrícola y doméstico; abasteciendo del vital líquido a varias poblaciones. Tienen los mayores cauces de la zona durante períodos más largos del año; además estos ríos van a desembocar al complejo Barra de Santiago, el cual permite el flujo de formas de vida acuática como peces, camarones, cangrejos, estuarios, lagunas de agua dulce y pantanos estacionales (Corredores biológicos acuáticos).

En cada cuenca el uso de agua para riego es de gran relevancia y en el caso del río Copinula, su cuenca es importante porque nace en la zona de cafetales de Jujutla. Por otra parte, no existen referencias recientes sobre el impacto del uso de agroquímicos y su persistencia en el ambiente. Dado que la zona Sur de Ahuachapán ha sido altamente Agrícola, es necesario conocer el nivel de impacto sobre la calidad del agua superficial y subterránea; en especial, de aquellas de uso actual y potencial para el consumo de comunidades rurales y urbanas.

### **III. Objetivos**

#### **3.1. Objetivo General**

Evaluación físico-química y microbiológica de aguas superficiales de abastecimiento y riego, de los ríos cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula, en la Región Hidrográfica Cara Sucia -San Pedro Belén

#### **3.2 Objetivos Específicos**

- Cuantificar la concentración de cationes y aniones, en las aguas de los ríos Cara Sucia, cantón Cara Sucia; El Naranjo, cantón San José Naranjo; Guayapa, cantón Santa Catarina y Copinula, cantón San José Platanares.
- Cuantificar contaminantes microbiológicos, Coliformes totales y fecales en las aguas de los ríos Cara Sucia, cantón Cara Sucia El Naranjo cantón San José Naranjo, Guayapa cantón Santa Catarina y Copinula cantón San José Platanares.
- Evaluar la calidad del agua de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula mediante la comparación de los resultados con las Normas Nacionales e internacionales, para la calidad de agua elaboradas por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT).
- Clasificar la calidad del agua para consumo humano y para fines de riego de los ríos Cara Sucia Cantón Cara Sucia, El Naranjo cantón San José Naranjo, Guayapa cantón Santa Catarina y Copinula cantón San José Platanares, utilizando las normas nacionales e internacionales del CONACYT, ANDA.
- Identificar las posibles fuentes de contaminación de los ríos cara sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula.

### **IV. Hipótesis**

Los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Copinula, y Guayapa; ubicados en La Región Hidrográfica Cara Sucia- San Pedro Belén, se encuentran contaminados por sustancias químicas y microbiológicas, lo que reduce su uso potencial y afecta el medio acuático.

## **V. Marco Teórico Conceptual**

### **5.1 Región hidrográfica**

Una región hidrográfica es la agrupación de varias cuencas con niveles de escurrimiento superficial muy similares. El termino región hidrográfica es más amplio que el de cuenca hidrográfica o cuenca fluvial; ya que abarca más de una cuenca (FAO, 1996).

### **5.2. Cuenca hidrográfica**

Es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conducen sus aguas a un río principal, a un río muy grande, a un lago o a un mar. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas, en las cuales desarrollan sus actividades económicas y sociales generando diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica (CATIE ,1987).

Las Cuencas Hidrográficas son de vital importancia para la conservación de la tierra, de allí que el agua constituye un recurso natural que debe ser utilizado racionalmente. Gran parte de las cuencas hidrográficas son utilizadas como fuente de agua dulce para el uso y consumo humano por lo que deben conservarse libres de contaminación de las aguas de océanos y mares, ya que son fuente importante de alimento, recreación y vía de comunicación. La conservación de las cuencas debe hacerse en forma integral, tomando en cuenta todos los elementos existentes de ella: vegetación, fauna, suelo, uso racional del espacio evitando tala indiscriminada, incendio, fertilización de los suelos y uso sin control de pesticidas. Mantener ciertos patrones racionales de uso y consumo del agua, contribuye a la conservación de las cuencas sedimentarias (Prieto, 2004).

Una cuenca hidrográfica está compuesta por determinadas partes, según el criterio que se utilice.

Criterio 1 Altitud: Si el criterio utilizado es la altura, se podrían distinguir la parte alta, media y baja, sucesivamente, en función de los rangos de altura que tenga la cuenca. Si la

diferencia de altura es significativa y varía de 0 a 2,500 msnm, es factible diferenciar las tres partes, si esta diferencia es menor, por ejemplo de 0 a 1000 msnm, posiblemente sólo se distingan dos partes, y si la cuenca es casi plana será menos probable establecer partes. Generalmente este criterio de la altura, se relaciona con el clima y puede ser una forma de establecer las partes de una cuenca.

**Criterio 2 Topografía:** Otro criterio muy similar al anterior es la relación con el relieve y la forma del terreno, las partes accidentadas forman las montañas y laderas, las partes onduladas y planas, forman los valles, y finalmente otra parte es la zona por donde discurre el río principal y sus afluentes, a esta se le denomina cauce (BASIM, 2004).

### **5.2.1 División de una cuenca**

La cuenca hidrográfica puede dividirse en espacios definidos por la relación entre el drenaje superficial y la importancia que tiene con el curso principal. El trazo de la red hídrica es fundamental para delimitar los espacios en que se puede dividir la cuenca. A un curso principal llega un afluente secundario, este comprende una subcuenta. Luego al curso principal de una subcuenta, llega un afluente terciario, este comprende una micro cuenca, además están las quebradas que son cauces menores (García, 2006).

Existen tres tipos de cuencas: Exorreicas; drenan sus aguas al mar o al océano, endorreicas desembocan en lagos, lagunas o salares que no tienen comunicación fluvial al mar y arreicas se caracteriza porque las aguas se evaporan o se filtran en el terreno antes de encauzarse en una red de drenaje (García, 2006).

### **5.2.2. Micro cuenca hidrográfica**

Son pequeñas cuencas hidrográficas que presentan un área drenada que puede ir de 1-100 ha. Una micro cuenca hidrológica al igual que la cuenca es una unidad de orden física determinada por la línea divisoria de las aguas, que delimita los puntos desde los cuales toda el agua escurre hacia el fondo de un mismo valle, río arroyo o vegas. Al unirse el

caudal y superficie drenada de varias microcuencas se conforman las cuencas hidrográficas de mayor tamaño (Jiménez, 2004).

### 5.3. Regiones Hidrográficas de El Salvador

El PNUD (1982) utiliza el sistema de regiones hidrográficas establecido hace diez años por el proyecto hidrometeorológico en Centro América. Algunas de las 10 regiones hidrográficas corresponden a una sola cuenca hidrográfica, otras comprenden varias cuencas pequeñas (IICA, 1997). Estas regiones presentan características geográficas diferentes, que incluyen fisiografía, geología, clima y cobertura vegetal (anexo 1) (SNET, 2007).

Cuadro 1 Regiones Hidrográficas en El Salvador

Identificación	Región Hidrográfica	área (km <sup>2</sup> )	Descripción
“A”	Lempa	10,1676	Es la más grande de El Salvador cubre un 49% del territorio nacional y comprende las dos ciudades más grandes San Salvador y Santa Ana.
“B”	Río Paz	919.93	Es la que corresponde al río Paz.
“C”	Cara Sucia – San Pedro Belén	674.4	Comprende las cuencas hidrográficas de varios ríos pequeños que desde las montañas de Tacuba desaguan en El Pacífico.
“D”	Grande de Sonsonate - Banderas	778.43	Esta conformada por varias cuencas hidrográficas, incluidas la de los ríos San Pedro, Sensunapan o Grande de Sonsonate y Banderas. Se extiende desde la cadena volcánica Apaneca-Lamatepec (Santa Ana) hasta El Pacífico.
“E”	Mandinga - Comalapa	1,294.55	Incluye varias cuencas hidrográficas pequeñas que se extienden desde la cordillera del Bálsamo hasta el Pacífico y se extiende desde la cuenca Mandinga en el Oeste hasta la cuenca Tihuapa en El Este.
“F”	Jiboa – Estero de Jaltepeque	1,638.62	Se extiende desde la cuenca del río Comalapa en el oeste, cruzando el río Jiboa, hasta la cuenca del río Guayabo en El Este.
“G”	Bahía de Jiquilisco	779.01	Cruza el río Lempa desde la región “F”, incluye varias cuencas que desaguan en la Bahía de Jiquilisco
“H”	Grande De San Miguel	2,389.27	Es la cuenca del río Grande de San Miguel, el segundo más grande. El área de esta región es equivalente al 11% del territorio Nacional.
“I”	Sirama	1,294.55	Incluya las cuencas hidrográficas que se origina en las montañas de Jucuaran-Conchagua, la mayoría de las cuales desaguan en el Golfo de Fonseca.
“J”	Goascoran	1,044.44	Ubicada en la orilla este del país, comprende las cuencas hidrográficas del río Goascoran y Sirama

Fuente: SNET. 2005.

El Salvador presenta un relieve dominado por una meseta central recortada por valles fluviales, cuenta con 360 ríos aproximadamente (SNET, 2007). En el cuadro 1 se describen las regiones hidrográficas de El Salvador con sus respectivas áreas en km<sup>2</sup> y una descripción de cada región.

#### **5.4. Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén**

La Región Hidrográfica “C” se encuentra ubicada en la región Sur Occidental de El Salvador, casi fronterizo con Guatemala y se extiende desde la cordillera de Apaneca hasta el Océano Pacífico posee un área de 674.4 km<sup>2</sup> abarcando los siguientes municipios del departamento de Ahuachapán: San Francisco Menéndez, Jujutla, Guaymango y San Pedro Puxtla; y del departamento de Sonsonate los municipios de Acajutla y Santo Domingo de Guzmán (BASIM, 2004).

##### **5.4.1. Población**

En el departamento de Ahuachapán, la cabecera concentra el 34.6% del total de población, 13.3% se encuentra en el municipio de San Francisco Menéndez, 10.5% en Atiquizaya, 9.3% en Tacuba, 9.0% en Jujutla, 6% en Guaymango y el 4% en Concepción de Ataco. El resto de municipios concentran en sus territorios menos del 3% en cada uno de ellos. El departamento de Sonsonate. Limitado al norte por Guaymango y Santo Domingo de Guzmán, al este por Sonsonate, al sur por el Océano Pacífico y al oeste por Jujutla. Posee una población de 52,359 habitantes según censo del 2007 ocupando el puesto número 27 en población y está dividida en 9 cantones y 84 caseríos. Acajutla posee el principal puerto marítimo de El Salvador del cual sale gran parte de la exportación de café, azúcar y bálsamo.

El cuadro 2 contiene el número de habitantes del departamento de Ahuachapán y Sonsonate de acuerdo al municipio según censo 2010 (MINED, 2010).

. Cuadro 2 Habitantes de los municipios que forman parte de la Región Hidrográfica “C” de El Salvador

Departamentos	Municipio	Población
Ahuachapán	San Francisco Menéndez	59,140
	Jujutla	43,560
	Guaymango	27.000
	San Pedro Puxtla	9,090
Sonsonate	Acajutla	52,359
	Santo Domingo de Guzmán	7,734

Fuente: MINED, 2010

#### 5.4.2. Características socioeconómicas de la Región Hidrográfica “C”

En la región “C” existen actores que fortalecen la organización local para la gestión del desarrollo, el fortalecimiento y desarrollo municipal la gestión del riesgo, desarrollo intermunicipal, la administración y supervisión en la calidad del recurso hídrico entre los actores que participan en la región se encuentra SALVANATURA, Unidad Ecológica Salvadoreña (UNES), Fundación para el Desarrollo Socioeconómico y Restauración Ambiental (FUNDESYRAM), FORGAES, COMURES, ADESCOS, CARE, SNET, Visión Mundial, ANDA, PNC, entre otros. Además existen otros actores que participan en acciones relacionadas en la salud y saneamiento como son CALMA, AGPE SNF, MSPAS, CRS, PMA entre otros (BASIM, 2004).

Entre los usuarios e interesados en el manejo de recursos hídricos se encuentran ganaderos, cañeros, plataneros, cafetaleros, asociaciones administradoras de agua potable, población costera, ADESCOS, ANDA, consejos municipales, MAG, MAR entre otros. Existen contabilizadas un total de 26 Juntas de aguas las cuales son estructuras organizadas con bases comunitarias apoyadas por ONG’S y municipalidades, que abastecen a un total de 6,868 familias. Además, existe un total de cuatro sistemas manejados por ANDA que abastecen los centros urbanos a través de cañerías beneficiando aproximadamente 719 familias. Del total de sistemas de agua identificados

el 40% distribuye el agua por medio de bombeo y 60% por gravedad haciendo uso del agua subterránea y superficial. (BASIM, 2004).

Los actores involucrados en el factor económico están los productores de caña de azúcar que cultivan un total de 3,339.70 hectáreas (ha). Utilizando el riego para mejorar el rendimiento de los cultivos. El sector ganadero utiliza el recurso hídrico para el riego de pastizales específicamente en los municipios de San Francisco Menéndez hasta Acajutla. Los productores de Café se encuentran localizados en la zona alta de las cuencas cubriendo un área aproximadamente de 11,668 hectáreas. Los plataneros se concentran específicamente en la zona costera del municipio de san francisco Menéndez quienes en la mayoría de los casos son pequeños y medianos productores que hacen uso del recurso hídrico en la época seca, quienes cultivan un área aproximada de 656 Mz. Existen productores de granos básicos y hortalizas los cuales hacen uso de la tierra y en alguna medida del recurso hídrico (BASIM, 2004).

#### **5.4.3. Características climáticas de la Región Hidrográfica “C”**

De acuerdo a Kopen, Sapper y Laurer (BASIM, 2005), la zona Sur de Ahuachapán presenta las siguientes zonas climáticas: Sabana tropical o tierra caliente; la cual cubre cerca del 95% del área y está comprendida entre las elevaciones de 0 a 800 msnm. La variación de temperatura es de 22 a 28 °C, con un promedio anual de 22.8 °C. La precipitación media es de aproximadamente 1900 mm, con extremos de 1,525 y 2,475 mm. De acuerdo a la clasificación ecológica, esta zona comprende bosques húmedos subtropicales con patrón de lluvia tipo monzónico, existe dominancia de especies caducifolias. En la planicie costera se forman asociaciones de bosques altos de llanura aluvial. Existe una amplia franja de asociaciones de manglares en zonas sujetas a inundaciones. Sabana tropical calurosa o tierras templadas que incluye elevaciones de 800 a 1200 msnm, limitándose a la cumbre de la sierra de Apaneca, Tacuba. Las temperaturas anuales oscilan entre 20°C y 22 °C, disminuyendo a 18.4 °C en las faldas de las montañas. Posee bosques muy húmedos tropicales con cultivos permanentes de café (BASIM, 2005).

Clima tropical de alturas con tierra templada; comprende una pequeña región entre los cerros de Ataco y Apaneca, limita entre las elevaciones de 1200 a 1800 msnm. Registra temperaturas de 16°C a 20°C con posibles heladas entre diciembre y enero. La precipitación media anual es de 2200 msnm aproximadamente (UICN BASIM, 2005).

La Región “C” posee cinco cuencas principales, las cuales son: Cara Sucia, Cuilapa, bocana de San Juan, Cauta y río San Pedro. Cada una de ellas comprende conjuntos de microcuencas de dimensiones variables. Sin embargo, se caracterizan por sus cauces lineales, drenajes angostos, cauces de fondos pedregosos y afloramientos rocosos. El sistema de drenaje es dendrítico paralelo. Además, tiene un total de 19 ríos que se encuentran distribuidos en las cinco cuencas principales (cuadro 3). (PLAMDARH, 1981).

.Cuadro 3 Cuencas de la Región Hidrográfica “C”, áreas y sus respectivos ríos

<b>Cuencas</b>	<b>Área de la cuenca</b>	<b>Ríos</b>
Cara Sucia	Área 237.8km <sup>2</sup>	Río El Sacramento Santa Rita La soledad o san francisco Menéndez La Palma Cara Sucia Ixcanal Faya Aguachapio
Cuilapa	Área 195.8km <sup>2</sup>	Guayapa Cuilapa El Naranjo El Rosario
Bocana de San Juan	Área 29.4 km <sup>2</sup>	Conformada por quebradas de invierno
Cauta	Área 93.1 km <sup>2</sup>	Moscua Metalio Cauta
San Pedro	Área 216.3 km <sup>2</sup>	El Sunzuacapa Copinula San Pedro

Fuente: MARN, 2004

Durante el verano, algunos de estos ríos son utilizados para la producción agropecuaria, consumo humano y mantenimiento de ecosistemas. La permanencia de los ríos en casi todas las épocas del año contribuye a la interconexión de los sectores de las cuencas;

bocanas y esteros. En su mayoría estos ríos, se originan en las montañas de Tacuba (BASIM, 2005).

#### **5.4.4. Características Hidrogeológicas de la Región Hidrográfica “C”**

La Región “C” posee los siguientes rasgos hidrogeológicos: Los drenajes del Nororiente y parte alta se consideran de alto potencial de infiltración debido a su constitución de materiales cuaternarios (BASIM /UICN, 2004).

Posee rasgos fisiográficos que destacan; entre ellos la cordillera costera formada por las montañas de Apaneca-Tacuba; ecosistemas como los bosques submontanos del Parque Nacional El Imposible; zonas cafetaleras; amplias tierras de pie de monte; la llanura costera; las formaciones de bosques salados; estuarios en la costa. Esta zona se encuentra con abundante cobertura boscosa y plantaciones de café bajo sombra (BASIM, 2006).

El sector Norponiente comprende las cuencas de Cuilapa y Cara Sucia; es una zona de media a baja capacidad de infiltración. En la parte alta se encuentra el Parque Nacional El Imposible, cuya cobertura forestal contribuye a regular los flujos locales (MAG, 2000).

En la Zona Sur que comprende la cuenca baja, la mayoría de drenajes se incorporan a los estuarios o drenan directamente al Océano Pacífico; amplias zonas actúan como llanuras de inundación por la reducción de velocidad del agua, la infiltración hacia el acuífero y mal drenaje del agua superficial. Esta situación se vuelve relevante por la presencia de asentamientos humanos en las áreas de drenaje. Asimismo, la presencia de sedimentos y materiales piroclásticos favorece la infiltración, lo cual contribuye a recargar el acuífero costero local (BASIM/UICN 2004).

#### **5.4.5 Formaciones fisiográficas de la Región Hidrográfica”**

Las formaciones fisiográficas de la Región “C” comprenden la zona costera, tierras medias y pie de monte y zona alta (PNODT, 2004).

Cuadro 4 Formaciones fisiográficas de la Región Hidrográfica “C”

Planicie Costera	Zona Media	Zona Alta
<p>Incluye los cordones litorales, manglares y tierras de inundación. Los cordones litorales comprenden dunas continuas paralelas al mar que conforman una topografía ondulada de materiales arenosos. Los bosques salados incluyen diversas especies adaptadas a suelos inundados.</p> <p>Las áreas de transición costera comprenden tierras inundables. Se caracterizan por vegetación entre los bosques de manglar y dulces. Las tierras de materiales aluviales se extienden desde los 2 msnm del área del manglar hasta aproximadamente los 10 msnm.</p>	<p>Se extiende desde los límites de la carretera litoral (CA-2) hasta cercanías del nivel de 200 msnm. Presenta una fisiografía de tierras de lomas con pendientes de 3 a 5%. Presenta drenajes de fondos pedregosos.</p> <p>Las áreas semionduladas son usadas para agricultura de granos básicos, pastos y frutales. Áreas de matorrales y bosques latifoliados crecen en los sectores de cañadas y laderas de los drenajes</p>	<p>Se extiende desde la cota de 200 msnm hasta el parteaguas en 1400 msnm. Las condiciones presentadas son terrenos con pendientes mayores de 15%, incluye farallones y laderas abruptas.</p> <p>El área comprende remanentes de bosques tropical semi húmedo y amplias plantaciones de cultivos de café bajo sombra.</p>

Fuente. Elaboración propia

#### 5.4.6. Cuencas principales de mayor área de la Región Hidrográfica “C”

Las mayores cuencas corresponden a los cauces de los ríos Cara Sucia, Guayapa, El Naranjo, y Copinula; presentando la cuenca Cara Sucia la mayor longitud en área, seguida de la cuenca San Pedro y en tercer lugar el Cauta (Cuadro. 5).

En cuanto a la longitud de los ríos ubicados en estas cuencas, el río Cara Sucia localizado en la cuenca Cara Sucia y el río Copinula en la cuenca San Pedro tienen el mismo tamaño en cuanto a longitud correspondiéndoles 24 km para cada uno, seguido, del río El Naranjo con una longitud de 23 km y del río Guayapa con una longitud de 22 km (BASIM /UICN, 2004).

Cuadro 5. Área aproximada de las cuencas y drenajes de la Región Hidrográfica “C”

Río/ Cuenca	Área de la Cuenca (km <sup>2</sup> )	Longitud del cauce ( km)	Orden	Tipo de drenaje
Cara Sucia/Cara Sucia	237.8	24	microcuenca	Dendrítico irregular
Guayapa/Cauta	93.1	22	microcuenca	Dendrítico irregular
El Naranjo/ Cauta	93.1	23	microcuenca	Dendrítico irregular
Copinula/San Pedro	216.3	24	subcuenca	Dendrítico irregular

Fuente: BASIM, 2006.

Según PLAMDARH (1981), la caracterización de los drenajes de los ríos de acuerdo a su topografía es la siguiente: El drenaje de estas cuencas en la parte alta es dendrítico; posee efecto erosivo y se presenta en forma de cauces profundos con numerosas subcuencas. El drenaje de la cuenca media (calculada entre el límite de la carretera y los 340 msnm) es dendrítico. Los cauces tienden a ampliarse y tienen su máximo rendimiento. Mientras tanto, la planicie costera se encuentra entre la carretera CA-2 y la costa del Océano Pacífico; acá los cauces son erráticos, forman depósitos de sedimentos y zonas pantanosas (zanjones y humedales estacionarios). En época seca algunas de las corrientes disminuyen su caudal, el cual se infiltra en el material aluvial por el que circulan. La zona costera sufre de inundaciones durante la época lluviosa, esta situación se presenta debido a la falta de un sistema efectivo de drenaje. Los ríos que cruzan la carretera CA-2 no tienen salida directa al mar, sino que pasan a zonas pantanosas o a los estuarios, en donde el agua se estanca (MAG, 2000).

#### 5.4.7. Descripción de cuencas y drenajes de la Región Hidrográfica “C”

La Región C está formada por cuatro cuencas hidrográficas, una de las cuales (Barra de Santiago) se encuentra dentro de la Región de Influencia de El Bosque Imposible una serie de drenajes se originan en la Región ”C”, la mayoría son permanentes. El cuadro. 6 describe los ríos y la zona de descarga.

Cuadro 6 Principales cuencas de la Región Hidrográfica “C, con sus respectivos ríos y zona de descarga.

Cuenca Principal	Ríos/Corrientes Principales	Observación
Cara Sucia	El Sacramento	Desemboca en la zona natural de Santa Rita
	Chagalapa Huizcoyol	Tributario del río Sacramento
	Quequisque Santa Rita	Inunda la zona natural de Santa Rita y tierras de pasturas
	San Francisco La soledad	Nace en el PNEI en las montañas de Tacuba; atraviesa la zona de Santa Rita y se agota en época seca.
	La Palma	Circula aledaño a la laguna de Gamboa, drenaje de lagunas
	Corozo	Nace en el PNEI, desemboca en el Zanjón el Chino.
	Cara Sucia	Nace en el PNEI, desemboca en el manglar Las Salinas, Zanjón el Garrobo y Barra de Santiago.
Bocana de San Juan	Quebradas	Quebradas de invierno ; recoge derivación del Río Rosario
Cauta	Cauta	Nace en las zonas de cafetales de Jujutla y desemboca en el manglar Metalio.
	Metalio	Desemboca en el manglar Metalio.
	Chalata	Desemboca en el manglar Metalio
	Moscua	Desemboca en el manglar Metalio
	Las Marías	Drenajes cortos.
San Pedro	Copinula	Nace en las zonas de cafetales de Jujutla. Tributario de Sunzacuapa
	Sucio, Sunzacuapa	Nace en las zonas de cafetales de Jujutla. Desemboca en la bocana El Limón.
	Sucio, San Pedro	Tributario de Sunzacuapa
	San Pedro Santo Domingo	Bocana el Limón.

Fuente: BASIM, 2004.

### 1. Subcuenca del río Cara Sucia

La subcuenca del río Cara Sucia abarca dos áreas protegidas de El Salvador: el Parque Nacional El Imposible (PNEI) en la parte alta de la subcuenca, y el Complejo Barra de Santiago, en la parte baja. El Imposible es el parque nacional más grande de El Salvador con una extensión de 3,606 hectáreas y está ubicado en las elevaciones costeras del pacífico de Ahuachapán, a una altitud entre los 300 y 1,450 m.s.n.m., entre los municipios de San Francisco Menéndez y Tacuba, al sur-oeste de la Ruta de las Flores. Cuenta con 400 especies de árboles, más de 500 de mariposas, 30 de mamíferos los cuales en su mayoría se encuentran en peligro de extinción y 279 especies de aves: entre migratorias y

residentes. Esta área natural protegida es considerada la reliquia natural más importante del país por ser un ecosistema amenazado a nivel mundial (bosque tropical seco y tropical seco premontano), pero también por ser uno de los últimos refugios para una comunidad increíblemente diversa de vida silvestre, fuente de recursos hídricos para la zona y poseedor de belleza escénica para desarrollo turístico sostenible. En 1989, fue declarado como área protegida por primera vez y en 1991 se le delegó la gestión a Salvanatura (Salvanatura, 1993).

El Área Nacional Protegida (ANP) Complejo Barra de Santiago Sector Barra de Santiago cuenta con una extensión de 2,673.89 Ha. y en su zona de amortiguamiento convergen 625 familias distribuidas en 17 comunidades. La vegetación predominante son los mangle: mangle rojo (*Rhizophora mangle*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*), botoncillo (*Conocarpus erectus*), madre sal (*Avicennia bicolor*), histaten (*Avicennia germinans*) (MARN - PNUD 2000).

Existen lugares con belleza escénica como: Bocana El Zapote, Isla El Zanate, Colegio de Aves, La Minguilla y canal El Zapatero. Entre la fauna existente tanto de vertebrados como invertebrados se cuenta con: Moluscos: concha pata de burro (*Anadara grandis*), concha negra (*Anadara tuberculosa*), concha huequera (*Anadara similis*), Crustáceos decapados: cangrejo rojo (*Ucides occidentalis*), cangrejos (*Cardisoma sp*). Reptiles: Iguana, cocodrilo (*Cocodrylus acutus*), Caimán (*cocodriylus*). Aves acuáticas: Garzas (Familia Ardeidae: 12 especies, entre las principales: Garza blanca (*Ardea alba*), Garza tigre (*Tigrisoma mexicanum*), Garceta tricolor (*Egretta tricolor*), Ibis blanco o coco (*Eudocimus albus*), Charancuacos (*Cochlearius cochlearius*), Pishishes de ala blanca (*Dendrocygna autumnalis*), Sargento (*Mycteria americana*), Garza morena (*Ajaia ajaja*), Pato real (*Cairina moschata*), entre otras. Aves terrestres: Perico pacifico (*Aratinga strenua*), Loro frente blanca (*Amazona albifrons*), Gavilán cangrejero negro (*Buteogallus anthracinus*), Gavilán cangrejero grande (*Buteogallus urobitinga*), Chilacoa colinegra (*Aramides cajanea*), Aurora (*Trogon melanocephalus*), entre otras (SEMA 1994).

En el Sistema Barra de Santiago, la pesca artesanal ha constituido el medio de subsistencia tradicional de muchas familias, frente a la falta de opciones en otras actividades económicas en el área. En general, se estima que unas 3,500 personas se dedican regularmente a las actividades pesqueras en el área, otro porcentaje de la población se dedica al comercio de conchas, restaurantes, guías turísticos, lancheros, transportistas entre otras actividades (BASIM 2004).

La población costera está conformada por grupos sociales que dependen en su mayoría de los recursos marinos costeros. Necesitan de agua dulce (río) para garantizar condiciones que permitan la reproducción de especies necesarias para el beneficio socioeconómico local (MARN – CBM 2004).

La red hídrica de la subcuenca está conformada por el río Cara Sucia y cuatro afluentes, los cuales nacen en territorio del Parque Nacional El Imposible (PNEI); por eso, el agua es de muy buena calidad. Sin embargo, el río Cara Sucia alcanza un alto grado de contaminación, al atravesar el casco urbano del cantón Cara Sucia, municipio de San Francisco Menéndez. Este río se caracteriza por disponibilidad de agua, en la época lluviosa como en la época seca, aunque el caudal disminuye casi a la mitad durante la época seca. La red hídrica también está conformada por cinco quebradas: Barranca del Capulín, El Cachal, Mano de León, Mixtepe, El Jutal, de las cuales El Cachal y Mano de León presentan altos niveles de contaminación por el uso de agroquímicos. El caudal de estas quebradas queda reducido a una tercera parte durante la época seca, por lo que el acceso al agua para las comunidades cercanas se hace muy difícil. (Proyecto agua, 2001)

Los tipos de suelo predominantes en la subcuenca son los clase VII (1684 ha) y VIII (835,5 ha), adecuados para manejo forestal y para zonas de preservación de flora y fauna, protección de áreas de recarga acuífera, reserva genética y belleza escénica (BASIM, 2004).

La principal actividad económica en la subcuenca es la producción de granos básicos, que sumado a los riesgos asociados a la topografía, hacen de la subcuenca una región de alta fragilidad económica (BASIM, 2004)

La población total de la subcuenca asciende a 10,969 personas, agrupadas en 1986 familias. El 79% de la población se encuentra concentrada en el cantón Cara Sucia, el 21% restante se ubica en el caserío El Corozo (Berganza, 2002).

## **2. Microcuenca Cuilapa**

La Microcuenca Cuilapa está ubicada en el municipio de Jujutla, incluye el cantón El Paraíso y los caseríos Guayapa Abajo y Guayapa Arriba, departamento de Ahuachapán, en la zona occidental de El Salvador, Centro América (FAO, 1999).

Los principales recursos hídricos del municipio responden a la dinámica del ciclo hidrológico de la zona, el cual se caracteriza por una precipitación anual promedio de 1554 mm, la cual alimenta tanto a nivel superficial como subterráneo, un buen número de ríos, quebradas, fuentes, pozos y otros, los cuales se distribuyen a lo largo y ancho del territorio municipal. Gran parte de los recursos hídricos de la zona, presentan graves problemas de contaminación, reduciendo con ello la disponibilidad de los mismos en las comunidades, no solo por razones de disminución gradual en su cantidad sino también por razones asociadas a una calidad inadecuada (FUSADES, 2004).

El sistema hidrográfico de este municipio incluye, nueve ríos, 16 quebradas, seis zanjones y un Estero que es El Zapote o Barra de Santiago. Existen tres zonas hidrográficas: alta, media y baja (PLANDARH, 1981).

Esta Microcuenca se divide en tres partes: Zona alta, zona media y zona baja. A continuación se presenta una caracterización de cada una de estas zonas, basados en la lectura de los mapas, de los cuales se rescata información tal como; altura sobre el nivel del mar, división política de la Microcuenca, uso actual y potencial de los suelos, conflicto de uso de los suelos y red hídrica (OPS/OMS ,1994).

Zona Alta: Las alturas predominantes son de 200 a 400 msnm. Las pendientes van desde un 25% hasta el 50%. Sin embargo en las zonas cercanas al parte agua y central las pendientes pueden llegar al 100%, indicando que son tierras accidentadas. Comprende el

cantón Guayapa del Municipio de Jujutla. En la zona alta nacen dos quebradas; El Paraíso y El Cacao, los cuales en conformaran aguas abajo el río Cuilapa. Está compuesta en su mayoría por suelos clase VII y VI, aptos para cultivos permanentes. El cultivo predominante de granos básicos asociado con otros cultivos anuales, lo cual genera un conflicto de uso en los suelos en un 80% del área (Salvanatura, 2004).

Zona Media: Las alturas predominantes están entre los 0 y 300 msnm, con pendientes que oscilan entre 25 a 50%. También, en la zona aledaña a la ribera del río se observan pendientes menores a 15%. Comprende los cantones de Guayapa arriba y Guayapa Abajo, del Municipio de Jujutla. Esta zona es irrigada por el río Cuilapa. Los suelos de esta parte de la Microcuenca son en su mayoría clase VI y VII, es decir con vocación forestal y cultivos perennes. El uso actual es por cultivos de cereales y otros anuales. El 90% de la zona media se encuentra en conflicto de uso, ya por las pendientes predominantes debería de haber cultivos permanentes o bosque (FAO, 1999).

Zona Baja: Las alturas van de 0 a 200 msnm, con pendientes que oscilan entre 0 a 40% y algunas partes son planas con pendientes cercanas al 0%. La división político administrativa comprende los cantón de Guayapa Abajo, del municipio de Jujutla, departamento de Ahuachapán. Igualmente, esta zona sigue siendo irrigada por las aguas del río Cuilapa y quebradas que son tributarias del este río principal. Los suelos son en su mayoría clase VII, VI y algunas partes de clase IV y están siendo utilizados por cultivos anuales, principalmente de cereales (FAO, 1999).

### **3. Subcuenca Río Guayapa**

El área de la subcuenca del río Guayapa, está ubicada en la zona occidental del país, en el departamento de Ahuachapán, comprende una superficie de 33 374 km<sup>2</sup>. De acuerdo con la cartografía nacional, se encuentra en la hoja cartográfica 2257 IV, Ahuachapán. Administrativamente, la totalidad de la subcuenca pertenece al municipio de Tacuba, del departamento de Ahuachapán, incluye once cantones del municipio (PASOLAC, 2006).

El río Guayapa forma parte de la cuenca del río Paz y se constituye en una subcuenca hidrográfica del mismo. El área de la subcuenca es el 1.27 % de la superficie de la cuenca

del río Paz y está ubicada en la parte media y en la margen izquierda del río. Según el estudio hídrico de la subcuenca, Río Guayapa, el volumen de precipitación es de más de 62 millones de m<sup>3</sup> por año (62,169,190.79 m<sup>3</sup>/año), es importante destacar que la subcuenca está ubicada dentro de las principales zonas de recarga acuífera del país por lo que amerita su inversión en la protección y conservación del ecosistema (PASOLAC, 2003)

El río Guayapa tiene una longitud de 24.5 km<sup>2</sup>, nace en el Parque Nacional El Imposible realiza su recorrido por: Cooperativa San Alfonso Miramar, Hoja de Sal, El triunfo, Guayapa arriba, Guayapa abajo, hasta la desembocadura en el estero de Barra de Santiago; Corre agua en invierno y verano el caudal disminuye en verano en un 25 %, su rumbo de recorrido es Noreste a suroeste, en la parte alta la calidad del agua bastante buena, en la parte baja de Hoja de Sal está contaminada con detergentes y pesticidas (BASIM,2004).

#### **4. Subcuenca Río El Naranjo**

Es el río principal de la sub cuenca, tiene una longitud de 28 km<sup>2</sup>, corre agua en invierno y verano disminuye su caudal en un 30% el rumbo de recorrido es de Norte a sur, nace en la finca San Miguel, pasando por San José El Naranjo, El Paraíso, Poza de la Cruz (éste caserío se encuentra en el parte agua), El Capulín, Las Delicias, Las Pampas, Los Calderones, El Quebracho, el agua no es apta para el consumo humano (BASIM, 2004).

#### **5. Subcuenca Río Cauta**

Su longitud se prolonga hasta el Departamento de Sonsonate, es un Río principal de la sub cuenca corre agua en invierno y verano disminuye su caudal en un 30%, en verano con rumbo Norte a sur, hace su recorrido por los Cantones Zapúa, el Rosario arriba, Cauta Arriba, Cauta Abajo, San Martin, pasando por Metalio hasta la desembocadura en el Océano Pacifico (BASIM, 2004).

## **6. Subcuenca Río El Rosario**

Es el río principal de la cuenca corre agua en Invierno y verano disminuye su caudal en verano en un 30% con rumbo Noreste a sur-oeste, hace su recorrido por la Finca Mátala, El Naranjito, hacienda el Rosario, Cantón Rosario Arriba, Hacienda Acuacingo, Hacienda San Cayetano, Finca El Rosario, San Martín, El Maguey, Hacienda Monte Cristo, hasta la desembocadura en el Océano Pacífico (CARE, 1999).

### **5.5 Calidad del agua**

El término calidad de agua, se refiere a las propiedades físicas, químicas, biológicas y organolépticas del agua para satisfacer los requerimientos de un determinado uso, de ahí que el término monitoreo de calidad de agua se refiere a la verificación de dichas características en el tiempo y el espacio, ya sea para evaluar el cumplimiento de normas, analizar tendencias o caracterizar la situación en un determinado momento y tramo o sección del curso de agua superficial a evaluar. El grado de calidad del agua depende de la interacción de la intensidad de uso de las aguas con la cantidad disponible de las mismas (SNET s.f).

Las aguas superficiales constituyen dos tercios del recurso potencialmente disponible para el uso humano, pero están altamente contaminadas, lo que reduce la disponibilidad de este recurso. Esto se agrava aún más si se considera que el proceso de potabilizar las aguas contaminadas, es principalmente sobre la base de diluirlas en aguas limpias. Casi todos los estudios concuerdan en que cerca del 90% de las aguas superficiales del país están contaminadas (Prisma, 1994).

La contaminación disminuye significativamente la disponibilidad del agua. Los vertidos residuales domésticos e industriales, así como la disposición inadecuada de desechos sólidos en diversos territorios del país y la aplicación de agroquímicos, pesticidas y plaguicidas en la agricultura son fuentes permanentes de contaminación del agua (Rubio, 1994).

El agua y la salud son dos dimensiones inseparables de la población. La disponibilidad de agua de calidad es una condición indispensable y más que cualquier otro factor, la calidad del agua condiciona la calidad de la vida (OMS-OPS, 2000).

La calidad del agua constituye uno de los principales desafíos socio ambiental en El Salvador. La contaminación del agua se profundizó durante las últimas décadas y pasó a constituir un problema generalizado para la población y los ecosistemas. Simultáneamente, se debilitó la capacidad institucional del estado para conocer y monitorear la calidad de los recursos hídricos (Prisma, 2001).

### **5.5.1 Parámetros de calidad del agua**

Son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura (OMS, 1996).

Para saber en qué condiciones de calidad se encuentra un río, se analizan una serie de parámetros físicos, químicos y microbiológicos y posteriormente comparar estos datos con otros aceptados internacionalmente que indican la calidad del agua para los distintos usos: consumo, para la vida acuática, para riego y actividades recreativas. (Red Control de Calidad General de Aguas). En el cuadro 7 se observan los diferentes parámetros Físicos, Químicos (Inorgánicos, orgánicos y elementos metálicos) que se toman en cuenta en un análisis de calidad de aguas superficiales. Parámetros controlados por la red COCA (Red de Control de Calidad General de las Aguas, 2004).

Los parámetros físico químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, por lo que se recomienda la utilización de estos indicadores en la evaluación del recurso hídrico (Orozco et al, 2005).

Cuadro 7 Parámetros físicos y químicos para determinar la calidad de agua en una red típica

Físico/químico	Inorgánicos (mg/l )	Orgánicos (mg/l)	Metales (ppm)
Caudal ( m <sup>3</sup> /s)	Sólidos disueltos	Sílice	Arsénico
Temperatura (°C)	Cloruros	Grasas	Cobre
Oxígeno disuelto(mg/l )	Sulfatos	Cianuros	Hierro
Sólidos en suspensión (mg/l)	Calcio	Fenoles	Manganeso
pH	Magnesio	Fluoruros	Plomo
Conductividad μ/cm	Sodio	Cadmio	Cinc
DQO (mg/l )	Potasio	Cloro hexavalente	Antimonio
DBO5(mg/l )	Fosfatos	Mercurio	Níquel

Fuente: Navarra, 2005.

### 5.5.2. Parámetros físicos para determinar la calidad del agua

Estos parámetros prácticos de calidad se basan en el uso a que se destinan las aguas. Tienen un interés muy evidente dependiendo del uso que se les dé a las aguas, por ejemplo las aguas destinadas al consumo humano tiene mucho que ver factores como color, olor, sabor. Estos parámetros son determinaciones organolépticas y subjetivas, para dichas observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida (Rigola, 1990).

#### 1. Caudal

El caudal es el volumen de líquido que pasa por un punto dado en una unidad de tiempo. La información relativa a la media y a los valores extremos del caudal es esencial para la concepción y la realización de las instalaciones de tratamientos de aguas y para el establecimiento de límites racionales de calidad destinados a la preservación de los cursos de aguas naturales (Andreu, 2002).

El caudal mide la cantidad de agua a través del método de aforo por vadeo. El aforo es la operación de la medición del caudal en una sección de un curso de agua, en los ríos se mide en forma indirecta, determinando la velocidad de la corriente con un molinete o

correntímetro y teniendo en cuenta que el caudal es igual a la velocidad del flujo en la sección multiplicada por el área de la misma. Las unidades en que se mide son en m<sup>3</sup>/s (SNET, 2009).

## **2. Conductividad**

La conductividad eléctrica mide la cantidad total de iones presentes en el agua y por ende se relaciona con la salinidad, los valores de conductividad se expresan en micro siemens por centímetros ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) o microhomos/cm (Roldan, 2003).

La conductividad eléctrica es la medida de la capacidad del agua para conducir la electricidad. Es indicativo de la presencia de iones. La conductividad y la dureza son dos parámetros cuyos valores están relacionados y reflejan el grado de mineralización (sales disueltas) de las aguas y su potencial productividad (Roldan, 2003).

La conductividad eléctrica del agua se mide mediante un conductivímetro que lleva un electrodo con alimentación por pilas cuyos polos, de 1.0 cm<sup>2</sup>, están separados (Andreu, 2002).

Este parámetro mide el contenido total de las sales en el agua, los valores para agua pura son de 0.055  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , agua destilada 0.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , agua para uso doméstico de 500 a 800  $\mu\text{S}/\text{cm}$  y con valores máximos para agua potable de 750  $\mu\text{mhos}/\text{cm}$  (Norma U.S. Salinity laboratory Staff).

## **3. Temperatura**

La temperatura determina la evolución o tendencia de las propiedades físicas, químicas o biológicas. El aumento de temperatura, aumenta la solubilidad de sales ocasionando cambios en la conductividad y pH (Skoog, 2001).

Es un parámetro muy importante en la vida de los cuerpos de agua, pues la existencia de la biota depende directamente de la temperatura. Si la temperatura aumenta se aceleran las reacciones que envuelven la disolución de sólidos pero decrece la solubilidad de los gases por lo que no se oxidan los elementos orgánicos (Campos, 2000).

La temperatura siempre se determina in situ, para definir el perfil térmico de la masa de agua (Andreu, 2002).

### **5.5.3 Parámetros Químicos para determinar la calidad de agua**

#### **1. pH**

Es un factor químico muy importante que mide la concentración de iones hidrogeno ( $H^+$ ) presentes en el agua (Campos, 2000).

El valor de pH de aguas superficiales se encuentra en el intervalo de 6.0 - 8.5, presentando menores valores las aguas subterráneas (Galván, 2009).

El pH tiene una gran importancia en la química del agua, pues determina el estado de disociación en el que se encuentran muchos compuestos, condicionando también la vida de los organismos acuáticos. Existen diversos procedimientos de medida, uno de ellos es el pH metro, la medida se realiza mediante el uso de dos electrodos, uno de pH y uno de referencia, aunque actualmente casi todos los equipos incorporan un electrodo combinado acoplado a un medidor del potencial creado al penetrar los protones en el electrodo queda directamente la lectura. El electrodo se agita suavemente durante la medida hasta que la lectura se estabiliza, tomándose entonces el valor (Andreu, 2002).

El pH es uno de los indicadores más importantes, la guía de la OMS indica que para efectos de salinidad el agua tiene que tener un pH menor a 8. Sin embargo un pH demasiado ácido puede implicar corrosión en tuberías (OMS, 2006).

#### **2. Sólidos Totales Disueltos (STD)**

El término TDS, describe la cantidad total de sólidos disueltos en el agua y están estrechamente relacionadas con la conductividad eléctrica. Cuanto mayor sea la cantidad de sales disueltas en el agua, mayor será el valor de la conductividad eléctrica. La mayoría de los sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, son iones disueltos. El cloruro de sodio por ejemplo se encuentra en el agua como  $Na^+$  y  $Cl^-$ . El agua de alta

pureza que en el caso ideal contiene solo H<sub>2</sub>O sin sales o minerales tiene una conductividad eléctrica muy baja. La temperatura del agua afecta a la conductividad eléctrica de forma que su valor aumenta de un 2.0 a un 3.0 % por grado Celsius (Lenntech. 2009).

El promedio de sólidos disueltos totales para los ríos de todo el mundo ha sido estimado en alrededor de 120 ppm (Quinteros 2006).

Los sólidos disueltos pueden afectar adversamente la calidad de un cuerpo de agua o un afluente de varias formas. Aguas para el consumo humano, con un alto contenido de sólidos disueltos, son por lo general de mal agrado para el paladar y pueden inducir una reacción fisiológica adversa en el consumidor. Por esta razón se ha establecido un límite de 500 ppm de sólido disuelto para agua de consumo (OPS, 2008).

### **3. Concentración de Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)**

El nitrógeno es un nutriente importante para el desarrollo de los animales y las plantas acuáticas, por lo general en el agua se le encuentra formando amoníaco, nitratos y nitritos. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Hay que considerar que el nitrógeno amoniacal es tóxico para los peces. Las concentraciones de nitratos suelen ser el resultado de la contaminación con residuos de fertilizantes o con aguas residuales de las composteras, su valor deberá ser inferior a 50 mg/l en agua de consumo (OMS, 2006).

### **4. Fosfatos (PO<sub>4</sub>)**

El ion fosfato en general forma sales muy poco solubles y precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como procede de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua. No

suele haber en el agua más de 1 ppm de concentraciones de fosfatos, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes fosfatados (Weeber, 1979).

Los fosfatos son sales o ésteres del ácido fosfórico; los fosfatos secundarios y terciarios son insolubles en agua, a excepción de los de sodio, potasio y amonio. Los fosfatos existen en forma disuelta, coloidal o sólida (Marín, 2009).

La presencia de fosfatos en aguas naturales es el resultado de la contaminación con detergentes, aunque también con estiércol y heces, su valor deberá de ser menor a 0.1ppm como Fósforo total para agua potable (CONACYT, 2007).

## **5. Sulfatos (SO<sub>4</sub>)**

El ion sulfato es uno de los iones que contribuyen a la salinidad de las aguas, encontrándose en la mayoría de las aguas naturales. El origen de los sulfatos se debe fundamentalmente a la disolución de los yesos, dependiendo la concentración de los terrenos drenados. Se encuentra disuelto en las aguas debido a su estabilidad y resistencia a la reducción. Aunque en agua pura se satura a unos 1500 ppm, como sulfato de calcio, la presencia de otras sales aumenta su solubilidad (Mora, 2009).

Además, tiende a formar sales con los metales pesados disueltos en el agua, y debido a que el valor del producto de solubilidad de dichas sales es muy bajo, contribuye muy eficazmente a disminuir su toxicidad. Un incremento de los sulfatos presentes en el medio hídrico es indicador de un vertido próximo (Rigola, 1990).

Las concentraciones de sulfato no deben rebasar los 500 mg/l en aguas de consumo (OMS, 2000).

## **6. Dureza**

La dureza del agua, derivada de la presencia de calcio y magnesio, generalmente se pone de manifiesto por la precipitación de restos de jabón. La aceptabilidad por la población del

grado de dureza del agua puede variar en gran medida de una comunidad a otra, en función de las condiciones locales. Los consumidores, en particular, notarán probablemente los cambios de la dureza del agua (Roldan, 1992).

El agua con una dureza mayor de aproximadamente 200 mg/l , en función de la interacción de otros factores, como el pH y la alcalinidad, puede provocar la formación de incrustaciones en las instalaciones de tratamiento, el sistema de distribución, y las tuberías y depósitos de los edificios. Las aguas duras, al calentarlas, forman precipitados de carbonato cálcico. Por otra parte, las aguas blandas, con una dureza menor que 100 mg/l pueden tener una capacidad baja de amortiguación del pH y ser, por tanto, más corrosivas para las tuberías. No se propone ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud para la dureza del agua de consumo (OMS.2006).

#### **5.5.4 Parámetros Biológicos para determinar la Calidad del Agua**

##### **1. Oxígeno disuelto**

El oxígeno disuelto (OD) es el oxígeno que se encuentra libremente en el agua, es un gas muy relevante en dinámicas de aguas, su solubilidad es función de varios factores: temperatura, presión, coeficiente de solubilidad, tensión de vapor del gas, salinidad y composición fisicoquímica del agua (Jiménez, 2001)

El porcentaje de saturación en O<sub>2</sub> de un agua depende de la turbulencia, de la superficie de contacto entre gas- agua y de la salinidad sobre todo del contenido en Cl<sup>-</sup>. Las aguas corrientes superficiales no polucionadas suelen estar bien oxigenadas, eh incluso sobresaturadas (>7-8 mg/l de O<sub>2</sub>). La oxigenación en un agua natural es mayor durante el día que en la noche, ya que en ausencia de iluminación la fotosíntesis cesa, mientras el consumo de O<sub>2</sub> en funciones respiratorias se mantiene (Marín, 2003).

La medición del oxígeno disuelto en el agua puede realizarse directamente en el campo utilizando un oxímetro (por un cable de longitud variable a un microprocesador).

Alternativamente, puede utilizarse el método de Winkler, más sensible que el anterior, pero que exige el inicio del análisis en el campo y su continuación en el laboratorio, por lo que no permite disponer de los resultados in situ (Andreu, 2002).

El agotamiento del oxígeno disuelto en los sistemas de abastecimiento de agua puede estimular la reducción por microorganismos del nitrato a nitrito y del sulfato a sulfuro, y hacer que aumente la concentración de hierro ferroso en disolución, No se recomienda ningún valor de referencia basado en efectos sobre la salud (OMS, 2006).

La concentración máxima admisible de oxígeno disuelto, para la vida acuática es de 3.0 mg/l (EPA, 2006).

## **2. Coliformes fecales**

Tradicionalmente se les ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los Coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces (Rojas, 1991).

En términos generales, los mayores riesgos microbianos son los derivados del consumo de agua contaminada con excrementos humanos o animales (incluidos los de las aves). Los excrementos pueden ser fuente de patógenos, como bacterias, virus, protozoos y helmintos. Los patógenos fecales son los que más preocupan a la hora de fijar metas de protección de la salud relativas a la inocuidad microbiana. Se producen con frecuencia variaciones significativas en la calidad microbiológica del agua (OMS, 2006).

La presencia de organismos Coliformes fecales indica contaminación reciente y potencialmente peligrosa. Otros Coliformes indican focos más distantes de contaminación o menos recientes de origen no fecal (insectos, plantas o drenajes lejanos). Los límites son

400 Coliformes por 100 ml es la máxima cantidad permisible. Este contaminante se elimina por desinfección con cloro (Rheinheimer, 1987).

Generalmente se emplea un grupo de bacterias como *Escherichia coli* *Streptococos* fecales. Clostridios (anaerobios y formadores de esporas), estos son indicadores de contaminación, es una práctica generalizada en todo el mundo, y se supone que la NO presencia de estas bacterias hace que el agua sea potable bacteriológicamente. La medición se hace empleando técnicas estadísticas "número más probable" (Índice NMP) en 100 ml de agua. Las aguas con un NMP inferior a 1 son satisfactoriamente potables (APHA, 1992).

El cuadro 8 presenta los indicadores fecales para un control microbiológico del agua. Estos parámetros son considerados por Red ICA (Red Integrada de Calidad de las Aguas (Dinius, 1987).

Cuadro 8 Parámetros microbiológicos para determinar la calidad del agua

Indicadores Fecales		
Coliformes totales UFC/100ml	<i>Streptococos</i> fecales UFC/100ml	Coliformes fecales UFC/100ml

Fuente: Red ICA Red Integrada de Calidad de las Aguas (Dinius, 1987)

## 5.6 Usos del agua

### 1. Fines recreativos

La presencia de contaminantes reduce el valor estético del agua. Más aún, la conciencia del daño que puede causar el agua sucia hace que el hombre la rehuya, perdiendo así su valor recreativo. Esta contaminación puede ser aparente cuando las aguas contienen desechos que la tornan desagradable a la vista, o estar oculta, cuando no se aprecia a simple vista pero se sabe que contiene elementos peligrosos para la salud, químicos o bacteriológicos (Ramos, 2002).

Un objetivo fundamental de los programas de conservación de los recursos acuáticos es la preservación de sus valores estéticos y de la calidad del agua, así como el reconocimiento e identificación de los niveles de contaminación que pueden deteriorarla. El agua que no es adecuada para la recreación no lo es para ningún otro fin (Ramos, 2007).

Para que el agua alcance valor estético debe estar libre, al menos, de sustancias ajenas (basura, espuma), malos olores y exceso de vegetación acuática, debe ser adecuada al menos para lo que se llama un contacto secundario, esto es, que puedan realizarse con ella actividades que no signifiquen un riesgo alto de ingestión: pescar, mojarse los pies. El criterio establecido dicta que las especies marinas que se extraigan de ella deben ser adecuadas para el consumo humano y que además haya un límite máximo de microorganismos de 400 bacterias Coliformes fecales por 100 mililitros de agua (Rigola, 1990).

## **2. El agua para la agricultura**

El agua que se emplea en el campo en la producción de buenas cosechas y como bebida del ganado debe ser de tal calidad que no provoque daño o enfermedades, y en esto la presencia de sustancias extrañas tiene mucho que ver. Aparte de las lluvias, en el campo las tres cuartas partes del abastecimiento del agua provienen de corrientes y la otra cuarta parte de pozos, por lo que el hombre, para hacer un mejor uso del recurso, ha construido presas y sistemas de distribución. Así es posible establecer un proceso productivo continuo a lo largo del año sin depender exclusivamente de las lluvias de temporal. Los costos, no obstante, son grandes, por lo cual todavía la mayor parte de la población agrícola queda a expensas de las lluvias (FAO, 2003).

En cualquier caso, para el adecuado funcionamiento de las labores del campo es necesario vigilar la calidad del agua; al respecto se han establecido criterios que rigen los principales factores que deben controlarse, especialmente el contenido de sales (o salinidad) incrementado por la irrigación río arriba o los lavados de terrenos y los microorganismos presentes introducidos a las aguas de riego por las descargas de los drenajes (FAO, 1993).

Desde tiempos remotos los agricultores han sabido que las aguas con gran contenido de sales son inadecuadas para plantas y animales. La salinidad afecta el crecimiento de las cosechas y el desarrollo del ganado, pues en grado excesivo los envenena. Cada tipo de planta y de animal tiene un grado de tolerancia, aunque el de las plantas es de hasta 5 000 miligramos por litro (mg/l) y para los animales de 10000 mg/l (Rojas, 1991).

La salinidad del agua es más agresiva en las regiones áridas y semiáridas que en las húmedas, pues en éstas no suele haber acumulación de sales y los efectos nocivos normalmente desaparecen (PRISMA, 1981)

El cuadro 9 demuestra el efecto de la salinidad en las plantas y el cuadro 10 muestran los límites de tolerancia de algunos contaminantes en animales.

Cuadro 9 Efecto de la salinidad en las plantas.

Salinidad (mg/l )	Efecto
<500	Ningún efecto apreciable
500 a 1 000	Efectos adversos en cultivos sensibles
1 000 a 2 000	Efectos adversos en la mayoría de los cultivos
2 000 a 5 000	Sólo puede utilizarse en plantas tolerantes

Fuente: PRISMA 1981.

Cuadro 10 Tolerancia de contaminantes por animales.

Característica	Recomendación
Salinidad	<10 000 mg/l, dependiendo del animal y del contenido de sales en el agua.
<b>Elementos Peligrosos</b>	
Arsénico	<0.05 mg/l
Cadmio	<0.01 mg/l
Cromo	<0.05 mg/l
Flúor	<2.40 mg/l
Plomo	<0.05 mg/l
Selenio	<0.01 mg/l

Fuente: PRISMA, 1981.

### **3. El agua para la industria**

El agua en la industria es uno de los insumos más importantes. Interviene en un sin número de procesos: para enfriar, para diluir o para lavar otros ingredientes en la transformación de los productos. La pureza del agua requiere cuidado especial, cuando interviene directa o indirectamente. La limpieza del agua industrial ha dado lugar a una importante industria de productos en 1988 la industria de productos para el tratamiento de aguas tuvo ventas en los Estados Unidos por más de 2400 millones de dólares, y la tendencia en los siguientes años fue marcadamente creciente. Por ejemplo, muchos procesos industriales generan una gran cantidad de calor que es necesario eliminar para proteger los productos que se manufacturan. El agua, con su gran capacidad calorífica, es un refrigerante ideal, fácilmente accesible y barato. En estos casos se ponen en contacto el producto que se pretende enfriar con un serpentín dentro del que circula agua. Ésta, a su vez, es llevada a unos dispositivos que son, en esencia, equivalentes a los radiadores de los automóviles (aunque no necesariamente tengan la misma forma) donde el agua cede su calor a la atmósfera. En estos casos el agua debe estar libre de sales disueltas, pues por efecto de la temperatura éstas se desprenden del líquido y se depositan en las paredes de los tubos provocando oclusiones (López, 2009).

### **4. El Agua para el abastecimiento público**

El agua interviene tan íntimamente en los procesos vitales que los contaminantes que contiene son incorporados de manera profunda por los seres vivos. Tal es el caso del mercurio, que los peces asimilan y transforman en metilmercurio o mercurio orgánico (Ramos, 2002).

Cualquier persona que consuma peces infectados por mercurio, lo incorpora fácilmente a su cuerpo, provocándose un daño progresivo y letal. Las autoridades sanitarias cuidan que el tratamiento de las aguas para abastecimiento público pase por diferentes procesos de limpieza que aseguren un consumo seguro. Al respecto se han establecido parámetros que deben vigilarse entre ellos: el color, el olor (Relacionada con estos parámetros está la turbidez o medida de la cantidad de partículas sólidas disueltas), la temperatura, los

organismos Coliformes y los Coliformes fecales, la alcalinidad, los metales pesados (arsénico, bario, cadmio, cobre, hierro, plomo y mercurio entre otros), la dureza y oxígeno disuelto (Fernández et.al, 2006).

## **5.7 Clasificación de la calidad de las aguas**

Existen muchos sistemas de clasificar la calidad de las aguas. En primer lugar se suele distinguir según el uso que se le vaya a dar (abastecimiento humano, recreativo, vida acuática). También existen directivas comunitarias que definen los límites de calidad que deben cumplir un amplio número de variables físicas, químicas y microbiológicas para el agua pueda ser utilizada para consumo y abastecimiento, baño y usos recreativos y vida de los peces (Castellanos, 2007).

### **1. Agua para abastecimiento humano**

El agua destinada al consumo humano deberá ser saludable y limpia. En la actualidad algo menos de las dos terceras partes del agua destinadas a consumo humano proceden de aguas continentales superficiales (ríos, arroyos, embalses, lagos o lagunas) (Galván, 2009).

El agua se clasifica en cuatro grupos según su calidad para el consumo humano (cuadro 11). Para hacer esta clasificación se usan aproximadamente 20 parámetros de calidad de los cuales los más importantes son: Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno disuelto consumido el día cinco (DBO<sub>5</sub>), Ion amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>), conductividad, iones cloruros (Cl<sup>-</sup>), iones cianuros (CN<sup>-</sup>), recuentos microbiológicos y algunos metales (Fe, Cu, Cr). (Franquet, 2005).

La calidad de agua para consumo debe de ser apropiada, y no causar ningún riesgo para la salud. La cantidad de agua para las necesidades higiénicas y para consumo debe ser suficiente y accesible a la población. A medida que se incrementan las necesidades de agua aparecen problemas de contaminación que disminuyen la calidad de las aguas, esta contaminación produce cambios en la composición física, química o biológica del agua (Galván, 2009).

Cuadro 11 Clasificación del agua para consumo humano.

<i>Tipo</i>	Clasificación
A1	Aguas potabilizables con un tratamiento físico simple como filtración rápida y desinfección
A2	Aguas potabilizables con un tratamiento físico-químico normal, como pre cloración, floculación, decantación, filtración y desinfección.
A3	Potabilizables con un tratamiento adicional a la A2, tales como ozonización o carbón activo.
A4	Aguas no utilizables para el suministro de agua potable, salvo casos excepcionales, y con un tratamiento intensivo.

Fuente: Rigola, 1990.

## 2. Agua para uso recreativo y deportivos

Las aguas aptas para uso recreativo y deportivos, requieren sumo cuidado en los recuentos microbiológicos, el porcentaje de saturación de oxígeno, y en menor medida son importantes para su clasificación, la presencia de aceites, grasas y otros caracteres organolépticos (Franquet, 2005).

## 3. Aguas para la vida piscícola

Para determinar la importancia del agua para la vida piscícola (producción de proteína animal) influye mucho la concentración de nitritos y también el amoníaco no ionizado, que es muy tóxico para los organismos acuáticos, aún a bajas concentraciones; y también, aunque menos, la DBO<sub>5</sub>, amonio, hidrocarburos disueltos y metales (Pb<sup>+2</sup>, Pb<sup>+4</sup>, Cu<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>) presentes (Franquet, 2005).

## 4. Otras clasificaciones de calidad de las Aguas

Existen otras formas de definir la calidad de las aguas que se utilizan, según lo que interese conocer. En el cuadro 12 .se clasifica el agua en cinco categorías dependiendo la Clasificación del Índice General de Calidad (ICG), muy utilizado en España (Orozco, 2007).

Este índice refleja la calidad del agua a través de una medida ponderada de determinadas variables analíticas, de este modo se clasifica el agua desde un punto de vista cualitativo (López, 1987).

Cuadro 12 Clasificación del agua según índice de calidad físico-químico

Calidad del Agua	ICG
Excelente	entre 85 y 100
Buena	entre 75 y 85
Regular	entre 65 y 75
Deficiente	entre 50 y 65
Mala	menor que 50

Fuente: Sánchez, et al. 2007

Se puede también determinar y clasificar las aguas según un índice de calidad físico-químico: Índice de Calidad General (ICG), muy utilizado en España. Este índice se obtiene matemáticamente a partir de una fórmula de agregación que integra 23 parámetros de calidad de las aguas. Nueve de ellos, se denominan básicos y son necesarios en todos los casos. Otros catorce, que responden al nombre de complementarios, sólo se usan para aquéllas estaciones o períodos en los que se analizan. A partir de formulaciones matemáticas que valoran, a través de ecuaciones lineales, la influencia de cada uno de estos parámetros en el total del índice, se deduce un valor final que se sitúa necesariamente entre 0 y 100. Teniendo en cuenta que, en principio, un índice de calidad entre 50 y 0 implica prácticamente la imposibilidad de utilizar el agua para uso y que índices por debajo de 65 comprometen gravemente la mayor parte de los usos posibles, la situación no es del todo satisfactorio en muchas de las cuencas españolas, sobre todo en aquéllas en las que las aportaciones naturales en forma de lluvia son más bajas o es más alta la influencia de los vertidos industriales o de la contaminación difusa (Campos, 2000).

Desde el punto de vista biológico suele interesar clasificar las aguas según el tipo y cantidad de microorganismos presentes o aplicar índices bióticos, como el Biological

Monitoring Working Party (BMWP), o índices de diversidad que indican la riqueza ecológica del tramo del río.

Cuadro 13 Valores del índice Biótico (BMWP).

Clases de calidad de agua por el valor de su índice biótico.

Clase	Valor del	Significado	Color
I	120 >	Aguas muy limpias. Buena calidad	Azul
II	101-120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible. Calidad aceptable	Azul
III	61-100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Verde
IV	36-60	Aguas contaminadas. Mala calidad	Amarillo
V	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Franquet, 2005.

Existe diversidad de clasificaciones elaboradas por diferentes organizaciones e instituciones internacionales. Ante la inexistencia de leyes nacionales sobre calidad del agua fluvial en El Salvador, se ha tomado como referencia la categorización avalada por la UNESCO, la Organización Mundial de la Salud (OMS) y el Programa de Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP).

Para determinar a qué categoría se ajusta la calidad del agua en cada punto de muestreo., se hace un análisis global de todos los parámetros estudiados. Con el fin de facilitar la comprensión de dicho proceso, elaboran varias tablas donde se registran, parámetro a parámetro, las posibles categorías en las que se pueden englobar cada uno de éstos. Un parámetro puede tener las condiciones necesarias para pertenecer a varias categorías; es decir, si puede pertenecer a la primera de ellas (que es la más restrictiva) podrá pertenecer también al resto. Con lo que la categoría global de la calidad del agua en cada punto se verá determinada por la existencia de parámetros que se estén incluidos en una categoría menos restrictiva (Campos, 2000).

En el cuadro 14 se incluyen los valores que pueden adoptar los parámetros estudiados para definir categorías y usos. Esta categorización es específica para los diferentes usos:

**Categoría 1.** Todos los usos exigentes: fácil potabilización; vida piscícola exigente; posibles zonas de baño; regadíos exigentes; usos industriales exigentes; especial interés ecológico.

**Categoría 2.** Amplios usos, con precauciones: potabilización con tratamientos intermedios; vida piscícola no tan exigente; algunas zonas de baño muy localizadas; regadíos no tan exigentes; usos industriales menos exigentes.

**Categoría 3.** Usos restringidos: potabilización pero con tratamientos avanzados; posible vida piscícola de especies muy resistentes; regadíos poco exigentes; usos industriales poco exigentes.

**Categoría 4.** Usos mínimos: regadíos muy poco exigentes; usos industriales muy poco exigentes.

Cuadro 14 Categorización avalada por la UNESCO

Parámetros de Calidad	Unidades	Categorías			
		1	2	3	4
T° Agua	°C	21.5	25	25	30
pH		6.5-8.5	6.5-8.5	6-8.5	6-9
Conductividad	μS/cm	1000	1000	1000	2500
OD	mg/l	7.1	6.7	3	2
DBO	mg/l	3	5	7	15
DQO	mg/l	30	30	30	60
Nitrógeno	mg/l	1	2	3	10
Fosfatos	mg/l	0.4	0.7	0.7	20
Coli. Fecales	NMP/100	20	200	2,000	10,000
Coli. Totales	NMP/100	50	2,000	20,000	50,000

Fuente: Chapman & Hall, Londres, 1992.

Las concentraciones están expresadas en términos de valor máximo admisible, excepto en pH: expresado en términos de valor mínimo y máximo OD: expresado en términos de valor mínimo

## **5.8. Contaminantes de aguas superficiales**

Las aguas superficiales que comprenden los cauces (ríos) sometidos a contaminación presentan una calidad variable a lo largo del curso del cauce debido a una serie de contaminantes de origen físico, químico o biológico (Ramalho, 1996).

El termino contaminación se define como la presencia en el medio ambiente de uno o más contaminantes, o cualquiera combinación de ellos, que perjudiquen o molesten la vida, salud y el bienestar humano, flora y fauna, o degraden la calidad del aire, del agua, de la tierra, de los bienes, de los recursos de la nación en general o de particulares. (Carrasco, 1988).

### **5.8.1. Origen de la contaminación de las aguas superficiales**

El origen de la contaminación de las aguas puede ser de dos tipos: natural y producida por actividades humanas o antropogénica. La contaminación de natural es mínima y se refiere a aquellos componentes que están localizados en la corteza terrestre y que resultan dañinos para la vida. Normalmente, las fuentes de contaminación natural no provocan concentraciones altas de contaminantes. En cambio, la contaminación antropogénica es mucho más peligrosa que la natural (Dajoz, 2001).

#### **1. De origen natural**

Algunas fuentes de contaminación del agua son naturales. Por ejemplo, el mercurio que se encuentra en la corteza de la Tierra y en los océanos contamina la biosfera mucho más que el procedente de la actividad humana. Algo similar pasa con los hidrocarburos y con muchos otros productos. Normalmente las fuentes de contaminación natural son muy dispersas y no provocan concentraciones altas de polución, excepto en algunos lugares muy concretos (Nova, 2008).

## **2. De origen humano**

La contaminación de origen humano, se concentra en zonas concretas y la mayor parte de los contaminantes, es mucho más peligrosa que la natural. Hay cuatro focos principales de contaminación antropogénica.

### **A. Vertidos urbanos**

Los residuos urbanos que se descargan al agua en su mayoría son jabones, materia orgánica y productos de limpieza (provenientes de las viviendas); así como gasolinas y productos químicos (provenientes de las vías públicas). La actividad doméstica produce principalmente residuos orgánicos, pero el alcantarillado arrastra además todo tipo de sustancias: emisiones de los automóviles (hidrocarburos, plomo, otros metales), sales, ácidos. (López, 1993).

### **B. Navegación**

El mayor tipo de contaminación de esta fuente son los hidrocarburos; es decir, los derrames petroleros accidentales, así como el uso de gasolinas, aceites y pinturas, que dañan a los ecosistemas acuáticos, como ríos y lagos.

### **C. Industriales**

Son diferentes tipos de compuestos y sustancias químicas residuales generados durante los procesos industriales (Prisma. 2001).

### **D. Agricultura y ganadería**

Una gran cantidad de fertilizantes, pesticidas y otros productos agroquímicos utilizados en la agricultura, que contaminan las aguas cercanas a las áreas de producción.

Los trabajos agrícolas producen vertidos de pesticidas, fertilizantes y restos orgánicos de animales y plantas que contaminan de una forma difusa pero muy notable las aguas (MARN, 1989).

La contaminación de los suelos afecta principalmente a las zonas rurales agrícolas y es una consecuencia de la expansión de ciertas técnicas agrícolas. Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos, aire y agua. Además, los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutrofización y también contaminan las corrientes freáticas. Los pesticidas minerales u orgánicos utilizados para proteger los cultivos generan contaminación a los suelos y a la biomasa. También los suelos están expuestos a ser contaminados a través de las lluvias que arrastran metales pesados como el plomo, cadmio, mercurio y molibdeno, así como, sulfatos y nitratos producidos por la lluvia ácida (FAO, 1993).

El cuadro 15 describe las sustancias contaminantes provenientes del sector industrial, cuando no existen medidas de tratamiento para no contaminar el agua

Cuadro 15 Principales Contaminantes Producidos por el Sector Industrial.

Sector industrial	Principales Sustancias Contaminantes
Construcción	Sólidos en suspensión, metales y pH
Minería	Sólidos en suspensión, metales pesados, materia orgánica, pH y cianuros
Energía	Calor, hidrocarburos y productos químicos.
Textil y piel	Cromo, taninos, tenso activos, sulfuros, colorantes, Grasas disolventes orgánicos, ácido acético y formica, sólidos en suspensión.
Automoción	Aceites lubricantes, pinturas y aguas residuales
Navales	Petróleo, productos químicos, disolventes y pigmentos.
Siderurgia	Cascarillas, aceites, metales disueltos, emulsiones, sosas y ácidos
Química Inorgánica	Hg,P,Fluoruros,CN,NH <sub>4</sub> ,nitritos,H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ,F,Mn,Mo,Pb,Ag,Se,Zn,etc y los compuestos de todos ellos
Química Orgánica	Organohalogenados, organosilicatos, compuestos cancerígenos y otros que afectan el balance de oxígeno
Fertilizantes	Nitratos y fosfato
Pasta y papel	Sólidos en suspensión y otros que afectan el balance del oxígeno
Plaguicidas	Organohalogenados y órgano fosforados, compuestos cancerígenos, biocidas,etc.
Fibras químicas	Aceites minerales y otros que afectan el balance del oxígeno

Fuente: Prisma. 2001.

## **5.9. Clasificación de contaminantes en aguas superficiales**

### **1. Contaminantes físicos**

Afectan el aspecto del agua y cuando flotan o se sedimentan interfieren con la flora y fauna acuáticas. Son líquidos insolubles o sólidos de origen natural y diversos productos sintéticos que son arrojados al agua como resultado de las actividades del hombre, así como, basura o desechos sólidos, espumas, residuos oleaginosos y el calor (contaminación térmica) (Ramos, 2002).

### **2. Contaminantes químicos inorgánicos**

Los contaminantes inorgánicos son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo. Los principales son cloruros, sulfatos, nitratos y carbonatos. También desechos ácidos, alcalinos y gases tóxicos disueltos en el agua como los óxidos de azufre, de nitrógeno, amoníaco, cloro y sulfuro de hidrógeno (ácido sulfhídrico). Gran parte de estos contaminantes son liberados directamente a la atmósfera y bajan arrastrados por la lluvia. La alcalinidad del agua se debe a los bicarbonatos, carbonatos y otros iones en ella disueltos. La alta alcalinidad causa corrosión e incrustaciones, dentro de los límites tolerables; puede eliminarse por coagulación. El contenido aceptable de estas especies químicas debe ser menos de 30 mg/l. El amoníaco puede reaccionar con el cloro que se añade para desinfectar el agua y reduce por lo mismo su eficiencia. Además, indica la probable contaminación por descargas de drenaje en la fuente de agua (el amoníaco es componente de la orina) (Rudolf, 1994).

### **3. Contaminantes orgánicos**

Son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas. Los contaminantes orgánicos consumen el oxígeno disuelto en el agua y afectan a la vida acuática. Las concentraciones anormales de compuestos de nitrógeno en el agua, tales

como el amoníaco o los cloruros se utilizan como índice de la presencia de dichas impurezas contaminantes en el agua (Manahan, 2007).

Los detergentes son unos de los peores enemigos del agua, pues en su estructura química contienen compuestos que no se degradan fácilmente. Los fosfatos que los forman generan verdaderas montañas de espuma que interfieren seriamente con la vida acuática, arruinan el valor estético de los cuerpos de agua y son un verdadero problema en los sistemas de tratamiento para su purificación (Rodier, 1999).

#### **4. Contaminantes biológicos**

Incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua. Ciertas bacterias descomponen sustancias inorgánicas. La eliminación de los virus que se transportan en el agua es un trabajo muy difícil y costoso (Manahan, 2007).

#### **5. Metales pesados**

Los metales pesados (arsénico, bario, cadmio, cobre, hierro, plomo y mercurio entre otros) son extremadamente venenosos y por desgracia poco puede hacerse en las plantas normales de tratamiento de aguas para eliminarlos. Lo mismo puede decirse de especies químicas como los fenoles, cianuros, metilos o sustancias radiactivas (Klute, 1990).

Algunos de los metales están entre los más dañinos de los contaminantes elementales, y son de particular interés debido a su toxicidad para los humanos. Estos elementos son en general los metales de transición, así como algunos elementos representativos como el plomo e el estaño (Manahan, 2007).

#### **6. Contaminantes derivados de agroquímicos**

Se denominan agroquímicos las sustancias químicas utilizadas en la agricultura como insecticidas, herbicidas y fertilizantes. Tienden a permanecer en el agua, contaminando las capas subterráneas, los ríos y lagos, así como los propios alimentos producidos (Prieto, 2004).

Los plaguicidas pueden fácilmente contaminar las aguas por diferentes maneras, tales como el escurrimiento superficial del agua (de lluvia y riego) por áreas agrícolas. Los plaguicidas que presentan consecuencias negativas sobre la calidad del agua son los hidrocarburos clorados y sus derivados (Da Ros, 1995).

Los fertilizantes químicos aumentan el rendimiento de las tierras de cultivo, pero su uso repetido conduce a la contaminación de los suelos, aire y agua. Además los fosfatos y nitratos son arrastrados por las aguas superficiales a los lagos y ríos donde producen eutrofización y también contaminan las corrientes freáticas (Manahan, 2007).

El cuadro 16 muestra los distintos agroquímicos usados en los diferentes cantones de la subcuenca San Pedro Belén,, evidenciándose el uso de herbicidas quemantes como Gramófono, además del uso de Gesaprim; el primero ubicado en la categoría toxicológica I, y el segundo en la categoría IV (UICN/BASIM, 2005).

Cuadro 16 Principales agroquímicos utilizados en la Región Hidrográfica Cara Sucia – San Pedro Belén

Producto Químico	Uso / Propósito	Impacto Potencial
<u>Insecticidas:</u> Volatón, Lannate, Thiodan, Folidol (II), Mocap, Tamarón (I), Marshall (II), Phostoxin, Disistón	Control de plagas del suelo, follaje y granos almacenados. Disminuye la competencia que ejercen los insectos sobre las cosechas.	Son utilizados sin ningún control, contaminando suelo y agua. En el cuerpo humano ocasionan daños a corto y mediano plazo.
<u>Funguicidas:</u> Dithane Manzate	Control eficiente de los patógenos que afectan los cultivos. Disminuye la competencia que ejercen los hongos sobre las cosechas.	Son utilizados sin ningún control, contaminando el suelo y el agua. Son no biodegradables
<u>Herbicidas:</u> Gramoxone (I) Hedonal Gesaprim(IV) Ranger	Control eficiente de malezas. Disminuye los costos de mano de obra para su control.	Son utilizados sin ningún control, contaminando el suelo y el agua. Son no biodegradables.

<u>Fertilizantes:</u> Fórmula 15-15-15 Fórmula 16-20-0 Sulfato de amonio Urea	Corrigen las deficiencias de nutrientes en el suelo y se incrementan las producciones.	Son utilizados sin ningún análisis previo de suelos, alterando la composición química de los mismos.
---	--	--

Fuente: UICN/BASIM, 2005

En cuanto al uso de insecticidas se observa el uso de productos ubicados principalmente en las categorías I y III, es decir con niveles de toxicidad elevados para el Tamaron y moderados para el Marshall y Folidol. Respecto a los fertilizantes se observa el uso generalizado de Sulfato de Amonio y Fórmula 16-20-0. La utilización de estos dos productos sugiere la aplicación de fertilizaciones nitrogenadas. De acuerdo a la información recopilada se asume que la aplicación de fertilizantes se realiza predominantemente en el cultivo de maíz en dosis de 4 qq/mz en el caso de la fórmula 16-20-0 y el Sulfato de Amonio. Las fechas de aplicación son 8 a 10 días después de la siembra y 30-40 días después de la siembra. La falta de información sobre dosis, frecuencia de aplicación, en otros cultivos dificulta determinar si existe o no un uso intensivo de los distintos agroquímicos en la subcuenca (CARE, 1996).

### **5.10 Métodos de análisis para determinar parámetros químicos en la calidad del Agua.**

Los métodos de análisis químico cualitativo son muy variados, dependiendo del compuesto de interés y de la muestra a analizar. El análisis cualitativo hace uso de reacciones, procesos químicos como de métodos físicos espectrometría, polarimetría rayos x etcétera. Las técnicas aplicadas a este tipo de análisis son instrumentales, su uso permite conseguir datos ciertos, con economía de tiempo y muestra, pues operan con cantidades sumamente pequeñas y suministran resultados con gran rapidez (Buscarons, 1986).

El análisis Químico es la parte práctica que aplica los métodos de análisis para resolver problemas relativos a la composición y naturaleza química de la materia (Harris, 2007).

## **1. Método espectrofotométrico**

Es el método de análisis óptico más usado en las investigaciones químicas y biológicas. El espectrofotómetro es un instrumento que permite comparar la radiación absorbida o transmitida por una solución que contiene una cantidad desconocida de soluto, y una que contiene una cantidad conocida de la misma sustancia (Hernández, 2002).

El principio de la cuantificación por el Espectrofotómetro se fundamenta la medición de la radiación entre la relación de dos rayos que es el requisito para medir la absorbancia; los fotómetros emplean un filtro para seleccionar la longitud de onda, haciendo posible el registro del espectro de absorción (HPHA-AWWA-WPCF, 1992).

## **2. Método Potencio métrico**

Se puede describir la potenciometría simplemente como la medición de un potencial en una celda electroquímica. Es el único método electroquímico en el que se mide directamente un potencial de equilibrio termodinámico y en el cual esencialmente no fluye corriente neta. El instrumental necesario para las medidas potenciométricas comprende un electrodo de referencia, un electrodo indicador y un dispositivo de medida de potencial (Skoog, 2005).

Para efectuar determinaciones potenciométricas directas, se mide la actividad del ion de interés basándose en el potencial del electrodo indicador, donde también es necesario conocer el potencial del electrodo de referencia que debe ser constante, no depender de las propiedades de la solución que contiene el analito. Los dos electrodos hacen una celda electroquímica donde el potencial del electrodo indicador se compara con el potencial del electrodo de referencia, siendo la diferencia de potencial, el potencial de la actividad iónica del analito. La lectura de los potenciales es medida en un potenciómetro en unidades de milivol (mV) y con estas se calcula la concentración utilizando la ecuación general del potencial de celda o ecuación de Nerst (Skood and West, 2002).

### **3. Método Gravimétrico**

La determinación de sulfatos por el método gravimétrico se fundamenta, en que el componente que se determina se precipita de la solución, en forma de un compuesto escasamente soluble con el fin de que las pérdidas por solubilidad sean pequeñas cuando el precipitado se separa por filtración y se pesa después de haberle sometido a los tratamientos que fueran necesarios (Miller, 2002).

### **4 Método Volumétrico**

Conocidos como métodos de valoración, son métodos analíticos en los que la cantidad de analito se determina a partir de la cantidad de reactivo estándar que se necesita para reaccionar completamente con el analito. En las valoraciones volumétricas se determina el volumen de una disolución de concentración conocida, que se necesita para reaccionar, de forma prácticamente completa con el analito. Las valoraciones gravimétricas difieren sólo en que se mide el peso del reactivo en lugar de su volumen. En las reacciones coulombimétricas, el "reactivo" es la corriente eléctrica continua constante, de magnitud conocida, que reacciona con el analito; en este caso se mide el tiempo necesario para completar la reacción electroquímica (Harris, 2007).

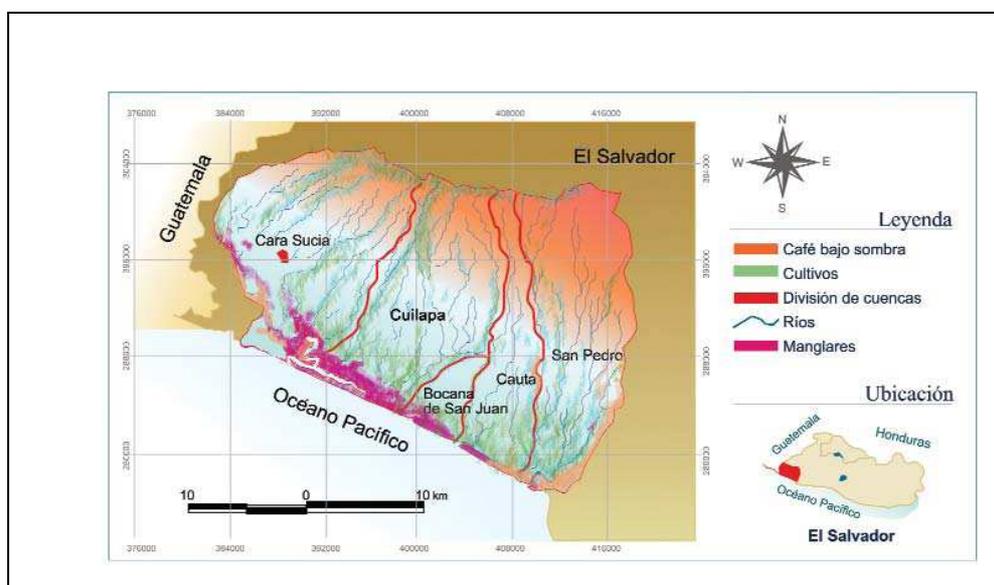
## **VI. Metodología**

### **6.1 Localización y generalidades del área en la que se realizó el estudio**

El monitoreo de las aguas en estudio se realizó en la región hidrográfica Cara Sucia-San Pedro Belén, denominada Región C, se ubica al sur de la zona occidental de El Salvador, aledaña a la cuenca del río Paz, del departamento de Ahuachapán y Sonsonate.

Las poblaciones más importantes las constituyen San Francisco Menéndez, Cara Sucia, La Hachadura, Jujutla, San José El Naranjo, Guaymango, San José Los Plataneros, San Pedro Puxtla y Metalío, las cuales están ubicadas en la región hidrográfica "C" (figura 1) (PRISMA, 1981).

Los ríos en estudio, Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula, los cuales se ubican en los municipios de San Francisco Menéndez, Guaymango, Jujutla, San Pedro Puxtla y Metalio (Figura 1).



Fuente. Proyecto UICN/BASIM 2005.

Figura 1 Mapa de la ubicación de la Región hidrográfica "C", Cara Sucia - San Pedro Belén.

## 6.2 Determinación de los puntos de muestreo

Para la realización de la Investigación, se establecieron tres puntos de muestro a lo largo de cada río, los cuales fueron definidos de acuerdo a la longitud de los mismos y la presencia de comunidades aledañas a las riveras. Esto se basó en los criterios para la selección de zonas a monitorear en cursos hídricos superficiales. Se definieron tres niveles en el proceso de selección de las estaciones de monitoreo y puntos de toma de muestra, y se realizó a través de los siguientes pasos:

- Macro localización o tramo del río que son representativos del nivel de calidad.
- Micro localización que implica la ubicación dentro del tramo precedente de la estación de muestreo y la selección final de los puntos de muestreo que van a dar un valor representativo del área de monitoreo.

### 6.3 Toma de muestra

Para cada río se localizaron los puntos de muestreo, en la parta alta, media y baja, y las comunidades aledañas a los mismos (cuadro 17).

De cada uno de los puntos de muestreo se tomaron tres muestras de agua en recipientes de polietileno de 1 litro de capacidad, los cuales fueron previamente ambientados con agua del río dos veces consecutivas y luego se tomó la muestra de 1 litro. La muestra se tomó en la parte media de la sección transversal del río, colocando el recipiente en posición horizontal y opuesta a la corriente del río, a una profundidad de diez centímetros del espejo de agua. Posteriormente, los frascos fueron etiquetados con el nombre del río, punto de muestreo, fecha, hora y responsable de la toma de muestra. Después de recolectadas las muestras, se trasladaron al laboratorio el mismo día del muestreo, en hieleras herméticamente cerradas y manteniendo una temperatura de 4 a 10 °C (figura. 2).

Cuadro 17 Puntos de muestreo en la parta alta, media, baja y comunidades aledañas a los ríos en estudio.

Río	Municipio	Sitio de muestreo	
Cara Sucia	San Francisco Menéndez	Alta	Los encuentros el corozo
		Media	Salida de cara Sucia-Calle a Garita Palmera
		Baja	1km antes de desembocadura en estuario
El Naranja	Jujutla	Alta	2 km al Norte se Caserío San José El Naranja
		Media	Puente sobre Río Naranja
		Baja	1.5 km puente desvió Barra de Santiago
Guayapa	Jujutla	Alta	5.0 km norte de puente de Río Guayapa-caserío Lomas de Guayapa
		Media	Puente sobre Río Guayapa, Caserío Guayapa Abajo
		Baja	0.5Km a la desembocadura a estuario Guayapa Abajo-Barra de Santiago
Copinula	Jujutla-Guaymango	Alta	Unión de ríos los Amates y Copinula
		Media	Puente de Río Copinula desvió a S. Pedro Puxtla
		Baja	Desvió puente el sunza caserío Copinula-El Sunza.

Fuente: Elaboración propia.

En el laboratorio la muestra se mantenía en refrigeración para conservar la misma temperatura durante el tiempo que se realizaban los análisis (figura 2). Estas muestras sin

persevante no sobrepasaban más de 8 días almacenados después de su recolección; en total se recolectaron nueve muestras por cada río y por cada época.

Cada punto de muestreo fue georeferenciado para la edición del mapa y la posterior toma de muestras.



Figura 2 Toma de muestra de agua en campo de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la región Hidrográfica “C” de El Salvador y almacenamiento de muestras para determinación de parámetros físico químico en el Laboratorio de Química Agrícola.

#### 6.4. Medición de caudal (medición de la cantidad de agua)

En cada río antes de tomar la muestra de agua, se midió el caudal en  $m^3/s$ . a través del método de aforo por vadeo (Figura.5). El aforo se realizó mediante la medición de caudal en una sección del río, determinando la velocidad de la corriente con un molinete marca AOTT, y teniendo en cuenta que el caudal es igual a la velocidad del flujo en la sección multiplicada por el área de la misma.

##### Procedimiento:

- Se limpió el área, eliminando rocas y otros elementos (hojarasca, troncos, etc.) para que el agua corriera con más facilidad.
- Se midió la profundidad y el ancho del río en metros, utilizando una cinta métrica.
- Se realizaron las mediciones de la velocidad de la corriente con el molinete, en cada una de las secciones (figura 3.0) Se calculó el caudal del río en  $m^3/s$ .



Figura 3 Medición del caudal del Río Guayapa de la Región hidrográfica C en el departamento de Ahuachapán, utilizando un molinete marca AOTT.

### 6.5 Mediciones físico-químicas de campo

En cada toma de muestra se realizaron mediciones de los siguientes parámetros físico-químicos: Temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ), pH, Conductividad eléctrica ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ), Salinidad (ppm), Sólidos disueltos totales (TSD) (mg/l) y Oxígeno Disuelto (mg/l); con la ayuda de una sonda multiparametro YSI\*Modelo 556 (Figura. 4). Estos datos se recolectaron en hojas de registro de campo para cada punto de muestreo. (Anexo 4).



Figura 4 Determinación en campo de parámetros físico-químico para el análisis de la calidad de agua de los ríos Cara Sucia, San Pedro Belén, El Naranjo y Copinula de la región Hidrográfica "C" de El Salvador, utilizando una sonda multiparametro.

### 6.6. Análisis de Laboratorio

Los análisis químicos y microbiológicos se realizaron en el Laboratorio de Química Agrícola de La Facultad de Ciencias Agronómicas el mismo día del muestreo o a más tardar el siguiente día de la toma de muestra (figura 5).



Figura 5 Análisis de muestra de agua para la determinación de parámetros físico químico en el Laboratorio de Química Agrícola para el análisis de la calidad de agua de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la región Hidrográfica C de El Salvador

### 6.6.1 Determinación de parámetros físicos y químicos

Las muestras de aguas se analizaron bajo los parámetros de calidad descritos en los cuadros 18 y 19 donde se detallan con sus respectivas unidades, la metodología, y las respectivas referencias de cada parámetro cuantificado.

Cuadro 18 Parámetros físicos para calidad de agua

Parámetro-Físico	Unidad de medida	Metodología	Referencia
Caudal (Q)	m <sup>3</sup> /s	Método de aforo por vadeo	Equipo molinete
Sólidos totales disueltos	mg/l	Método potenciométrico. Método 2510 A Pág. 2-63 a 2-167	WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros
Conductividad	μ/cm	Instrumental-sonda multiparametro	Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros
Temperatura	°C	Método directo con termómetro de mercurio. Método 2550-B Pág. 2-89	WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España.

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 19 Parámetros químicos para calidad de agua

Parámetro-Químico	Unidad de medida	Metodología	Referencia
Concentración de iones hidrógeno (pH)	Unidades de pH	Método potenciométrico. Método 4500-H A y B Pág. 4-106 a 4-115	WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España. HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros. HACH. 2005. Manual de calibración de equipo. EUTECH. 2006. Manual de calibración de pH-metro de campo.
Nitratos	mg/l	Método: 09713	Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f.
Fosfatos	mg/l	Método: 14848	Manual de Procedimientos de equipo fotométrico NOVA 60. S.f.
Sulfatos	mg/l	Método gravimétrico	Gravimétrico.
Dureza (Ca <sup>+2</sup> – Mg <sup>+2</sup> )	mg/l	Volumetría	Official methods of analysis of AOAC International editado por Patricia Conniff. Método OAC

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 20 Parámetros Biológicos para calidad de agua

PARAMETRO-BIOLOGICO	UNIDAD DE MEDIDA	METODO	REFERENCIA
Oxígeno disuelto (OD)	mg/l	Método potenciométrico. Método 4500-B Pág. 4-169 a 4-172.	WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España.  HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multi-parámetros.
Coliformes totales y fecales	NPM/100ml	Número Más Probable (NPM)	WPCF; APHA; AWWA. 1992. Métodos Normalizados Para el Análisis de Aguas Potables y Residuales. 17 Edición. Madrid España.

Fuente: Elaboración propia.

## **6.6.2 Pruebas Microbiológicas**

Los análisis microbiológicos se realizaron en el laboratorio de microbiología de la Facultad de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador, realizando las siguientes pruebas:

### **1 Recuento de Coliformes totales**

La identificación de coliformes, *Escherichia coli*, se realizó mediante los análisis bacteriológicos de las muestras de agua, por el método de los tubos múltiples y se expresan en términos del “Número Más Probable” (índice NMP) en 100 ml de agua (Rigola ,1999).

### **2 Recuento de colonias por el método de la placa vertida o método de dilución.**

Con este método se detectaron bacterias coliformes inoñas y patógenas, obteniéndose el número total de bacterias viables presentes en la muestra de agua.

#### **Procedimiento:**

- Preparar diluciones 1:10, 1:100 y 1:1000 de la muestra de agua licuar tres tubos con Tripcasa Soya agar (T.S.A).
- Tomar 1ml de cada dilución y depositarlas en cajas de petri estériles debidamente identificadas.
- Agregar a cada caja el contenido de un tubo de Tripcasa Soya agar (T.S.A) (Licuado a una temperatura aproximada a 40°C).
- Mezclar cuidadosamente por rotación.
- Dejar solidificar e incubar a 37°C.
- Trascorridas 24 horas hace el recuento de colonias (Numero de colonias por mililitro de agua).

### 3 Técnica de tubos múltiples para la investigación de coliformes totales y fecales en muestras de agua.

Esta técnica se ha usado por muchos años el grupo de bacterias coliformes para indicar la contaminación del agua, con aguas negras y desechos. Para el estudio de coliformes se reconocen tres pruebas: Prueba presuntiva, confirmativa y completa (cuadro 21).

Cuadro 21 Procedimiento de pruebas para el estudio de coliformes

Prueba	Procedimiento	Resultados esperados
Presuntiva	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Inocular en tres tubos con 10 ml de caldo lactosado a doble concentración 10ml. de la muestra de agua. Rotular.</li> <li>2. Inocular en 3 tubos con 10ml de caldo lactosado a concentración normal; 1ml de la muestra .Rotular.</li> <li>3. Inocular en 3 tubos con 10ml. de caldo lactosado a concentración normal 0.1ml de la muestra. Rotular.</li> <li>4. Incubar 35°C, durante 24 a 48 horas.</li> </ol>	<p>Todos los tubos que presenten formación de gas, se interpretan como Prueba positiva para presencia de <i>Escherichia coli</i>.</p>
Confirmativa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se inocularon en 3 tubos con 10ml de medio caldo bilis verde brillante a doble concentración; 1 asadas por tubo de cada tubo de los caldos lactosado positivos.</li> <li>2. Se incubaron en 3 tubos con 10ml de medio caldo bilis verde brillante a concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosado positivos.</li> <li>3. Se incubaron en 3 tubos con 10ml de medio caldo bilis verde brillante a concentración normal; 1 asada por tubo de cada tubo de los caldos lactosado positivos.</li> <li>4. Se incubaron a 35°C, durante 24 horas.</li> </ol>	<p>Todos los tubos que presentaron formación de gas, se interpretaron como prueba positiva para coliformes fecales.</p>

Completa	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Se inocularon en 3 tubos con 10 ml de caldo e. Coli a doble concentración; 1 asada para cada tubo de los tubos de caldo bilis verde brillante positivo.</li> <li>2. Se inocularon en 3 tubos con 10 ml de calado e. Coli a concentración normal; 1 Asada para cada tubo de los tubos de caldo bilis verde brillante positivo.</li> <li>3. Se inocularon en 3 tubos con 10 ml de calado e. Coli a concentración normal; 1Asada para cada tubo de los tubos de caldo bilis verde brillante positivo.</li> <li>4. Se Incubaron a 44 °C durante 24 horas. todos los tubos.</li> </ol>	<p>Todos los tubos que presentaron formación de gas, se interpretaron como prueba positiva para coliformes fecales.</p> <p>Para dar el número más probable de coniformes totales y fecales por 100ml de agua</p>
----------	---	--

Fuente. Norma Oficial Mexicana Nom-112-Sa1-1994.

Para comparar los resultados microbiológicos se utilizaron los Parámetros de Calidad de Agua Potable en El Salvador, de la norma salvadoreña NSO 13.07.01:99, editada por el consejo nacional de ciencia y tecnología – CONACYT Calidad Microbiológica (cuadro 22).

Cuadro 22 Parámetros de Calidad Microbiológica de Agua Potable en El Salvador, Norma Salvadoreña NSO 13.07.01:99

Parámetro	Valor Máximo Admisible		
	Técnica		
	Filtración por membranas	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias coliformes totales	0 UFC/100ml	□ 1.1NMP/100ml	
Bacterias coliformes fecales	0 UFC/100ml	Negativo	
Escherichia coli	0 UFC/100ml	Negativo	
Conteo de bacterias heterótrofas, aeróbicas y mesófitas	100 UFC/ml máx.		1000UFC/ml
Organismos patógenos	Ausentes		

Fuente: CONACYT, 2007

### 6.7 Caracterización de la calidad de agua de los ríos con base a resultados físico-químico obtenidos

Analizados los parámetros, se definió la clasificación de las aguas para los usos de la misma. Cada categoría refleja diferentes rangos de valores, los cuales son más restrictivos

cuanto mayor sea el número y la exigencia de los usos comprendidos. Existen multitud de categorizaciones elaboradas por diferentes organizaciones e instituciones internacionales, pero ante la inexistencia de normativas sobre calidad del agua fluvial en El Salvador, se tomó como referencia la categorización avalada por la CMC (EPA), EEC, CONACYT, FAO titulado “Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua” (anexo 5).

Se incluyen los valores que pueden adoptar los parámetros estudiados para definir categorías y usos del agua. La evaluación de los resultados con estas normas determinan la calidad de aguas superficiales de la zona en estudio para vida acuática, agua potable, agua de riego, recreación y de vertido (SNET, 2005).

En los cuadros 23 y 24 se presenta un resumen de parámetros bacteriológicos y físico-químico respectivamente, tomados de las Normas y Regulaciones de Calidad para Uso de Agua (Valores EPA. Vida Acuática, FAO Agua de Riego, EEC, CONACYT, agua potable uso recreación, Norma CONACYT).

Cuadro 23 Parámetros Bacteriológicos para determinar calidad de agua. (Norma y regulaciones de calidad para uso del agua)

Análisis Bacteriológico Agua Potable	Parámetro			Agua de Riego	Recreación	Agua de vertido
	Unidades	EEC	CONACYT	FAO		CONACYT
Coliformes Totales	NMP/100ml	0 a > 1	No detectable	5000 en 100 ml	<200	1000
Coliformes Fecales	NMP/100 MI	0.0000	0	0	0	1000
Escherichia coli	NMP/100ml					
Conteo Total de Bacterias	UFC/ml					

FUENTE: SNET, 2007.

Cuadro 24 Parámetros físico-químico para determinar calidad de agua. (Norma y regulaciones de calidad para uso del agua)

PARAMETRO	CONCENTRACIONES MAXIMAS ADMISCIBLES						
	Unidades	Vida acuatica	Agua potable		Agua de riego	Recreación	Agua de vertido
		CMC(EPA)	EEC	CONACYT	FAO		CONACYT
Temperatura del ambiente	°C						
Temperatura del agua	°C			18 a 30			
pH	Unidad pH		6.2-8.5	6.0-8.5	6.5-8.4	0	5.5-9.0
Salinidad	ppm						
Conductividad eléctrica	µcm/cm	No definido		1600			
Oxígeno Disuelto	mg/l	3.0 o mas					
Sólidos totales disueltos (TDS)	mg/l	No definido		1000			
Dureza	mg/l		50.0				
Calcio	mg/l			75			
Magnesio	mg/l			50			
Nitratos	mg/l	10	50	10		□ 10	10
Sulfatos	mg/l			250			400

CMC (EPA): Criteria Maximum concentration, United States Environmental Protection Agency  
 EEC: European Economic Community  
 CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Norma Salvadoreña  
 FAO: Food American Organization  
 Fuente. SNET, 2007.

### 6.8. Identificación de las Fuentes Probables de Contaminación

Se encuestaron a un promedio de 60 familias de las comunidades aledañas a los ríos Cara Sucia, El Naranja Guayapa y Copinula, donde se obtuvo información referente a condiciones socioeconómicas y usos del agua del río, se enfocó en la parte agrícola si utilizaban fertilizantes, plaguicidas, etc.

Esto se realizó con un instrumento de recolección de información en campo (anexo 6), que sirvió como herramienta para determinar las actividades antropogénicas y su impacto en la calidad y cantidad de agua de los ríos en estudio. Además, se realizó una caracterización socioeconómica y ambiental de las comunidades y la relación de las

actividades para la determinación de fuentes puntuales y no puntuales de contaminación y conocer el uso que se está dando al recurso agua.

Estas encuestas se pasaron en el entorno de cada uno de los puntos de muestreo correspondientes a cada río (Guayapa, Copinula, El Naranjo y Cara Sucia); a un radio no mayor de 2 km, para ser contestado por las personas que residen a los alrededores de la zona de estudio (Cantón San Antonio, San José El Naranjo, Guayapa Arriba, Guayapa Abajo, Hoja de Sal, Cara Sucia), y usuarios del recurso agua.

La información colectada, fue procesada con el programa estadístico SPSS versión 9.0; obteniendo algunos parámetros como medias, frecuencias, porcentajes y totales, los cuales sirvieron para realizar algunos gráficos y Cuadros comparativos que ayudaron para el análisis y la discusión de resultados (anexo 7, 8,9)

## **VII. ANALISIS DE RESULTADOS**

### **7.1 Resultados físico-químicos y microbiológicos**

Los resultados se presentan en forma separada para cada uno de los ríos en estudio, en un Cuadro resumen. En éstos se observa la época del año (lluviosa seca, lluviosa y seca) en las cuales se tomaron las muestras y sus respectivos puntos de muestreo (alta, media y baja). Además, se expresan en cada uno las variables e indicadores evaluados en relación a los parámetros siguientes: cantidad de agua en caudal ( $m^3/s.$ ), calidad física (TDS, Conductividad y  $T^{\circ}$ ), química (pH, Nitratos, fosfatos, sulfatos, Ca+Mg, Ca, Mg) y Biológicos (OD) y Coliformes fecales (NMP /100 ml).

En el cuadro 25 se presenta el resumen de los resultados del río Cara Sucia, el cual está ubicado en el municipio de San Francisco Menéndez, pertenece a la cuenca Cara Sucia, nace en el Parque Nacional el Imposible y desemboca en el manglar Las Salinas, Zanjón El Garrobo y Barra de Santiago, tiene un recorrido de 27 km (BASIM /UICN, 2005). La parte alta comprende el cantón los Encuentros San Francisco Menéndez, la parte media el cantón El Corozo, Caserío el Cortijo y la baja, Garita Palmera.

En el cuadro 26, se presenta el resumen del Río El Naranjo, ubicado en el municipio de Jujutla, pertenece a la cuenca Cuilapa; nace en la cuenca aledaña al Parque Nacional el Imposible y desemboca en el manglar Barra de Santiago. La parte alta comprende el municipio de Jujutla/ Caserío Capulin-San José El Naranjo, la media: Jujutla/San José y la baja, El Naranjo, Caserío EL Tigre.

En el cuadro 27, se presenta el resumen de los resultados del Río Guayapa, ubicado en el municipio de Jujutla, de la cuenca Cuilapa, nace en el Parque Nacional El Imposible y desemboca en el manglar de Barra de Santiago, la parte alta comprende los cantones Guayapa Arriba Caserío Hoja de Sal, la parte media el cantón Catarina/Jujutla y la parte baja, Rancho Alegre Jujutla.

En el cuadro 28 se presenta el resumen de los resultados de análisis del Río Copinula, ubicado en los municipios de Jujutla y Guaymango, pertenece a la cuenca San Pedro, nace en la zona de cafetales de Jujutla. La parte alta comprende los caseríos Barrios La Escalón Guaymang; la parte media el Barrio San Andrés Guaymango, y la parte baja Acajutla/ cantón las Marías.

Cuadro 25 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río “Cara Sucia.

CUADRO. 25. PARAMETROS DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN TRES EPOCAS DIFERENTES Y TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO “CARA SUCIA”. ZONA HIDROGRAFICA SAN PEDRO BELEN-CARA SUCIA UES. FACULTAD CCAA. 2005-2006.														
PARAMETROS		CAUDAL	FISICOS			QUIMICOS							BIOLOGICOS	
Época	Punto de muestreo /ubicación en la cuenca	Q m <sup>3</sup> /s	TDS mg/l	Conduc. Electrica μs/cm	T °c	pH U de pH	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/l	Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) mg/l	sulfatos (SO <sub>4</sub> ) mg/l	Dureza mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	OD Mg/l O <sub>2</sub>	Coliformes Fecales NMP/100ml
Transición Seca- lluviosa	ALTA	0.370	80.7	135.20	24	7.49	5.58	0.32	1	78.3	58.5	19.8	8.04	2000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	**N/A
	MEDIA	0.698	85.1	150.0	27.9	7.58	6.20	0.41	1	79.7	53.4	26.30	7.41	4500
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	**N/A
	BAJA	0.734	88.5	156.0	29	7.86	7.50	0.32	1	85.4	59	26.4	6.67	5200
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	**N/A
Lluviosa	ALTA	1.45	59.8	167.5	24.2	8.2	4.45	0.23	ND	65	40	25	6.65	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	**N/A
	MEDIA	2.68	62.8	177.6	27	8.07	5.60	0.35	ND	78	49	29	6.51	1500
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	*A	**N/A
	BAJA	3,56	70.8	185.8	29	7.63	5.99	0.40	ND	85	50	35	6.36	2100
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A		*A	**N/A	*A	*A	*A	**N/A
Seca	ALTA	0.081	134.8	125.5	29	7.60	5.76	0.35	1	125	75	50	6.65	2100
	RESULTADO	-	*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	**N/A
	MEDIA	0.128	145	131.8	27	7.59	6.29	0.49	2	135	78	57	6.51	6000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	*A	**N/A
	BAJA	0.114	156	145.7	30.7	7.18	7.89	0.98	1	148	75	73	6.36	7500
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	*A	**N/A

\*A= ACEPTABLE (Esta en los límites de permisibles para aguas potables o uso doméstico)

\*\*N/A= NO ACEPTABLE (NO está en los límites permisibles para aguas potables o uso doméstico) Normas de calidad de agua potable OMS, EEC, CONACYT

Cuadro 26 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río El Naranjo

CUADRO.26 PARAMETROS DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN TRES EPOCAS DIFERENTES Y TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO "EL NARANJO". ZONA HIDROGRAFICA SAN PEDRO BELEN-CARA SUCIA UES. FACULTAD de CCAA. 2005-2006.														
PARAMETROS		CAUDAL	FISICOS			QUIMICOS							BIOLOGICOS	
Época	Punto de muestreo /ubicación en la cuenca	Q m <sup>3</sup> /S	TDS Mg/l	Conducti Electrica µs/cm	T°C	pH U de pH	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/l	Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) mg/l	sulfatos (SO <sub>4</sub> ) mg/l	Durezamg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	OD Mg/l O <sub>2</sub>	Coliformes Fecales NMP/100ml
Transición Seca- lluviosa	ALTA	0.514	125	102.4	24	7.09	3.1	0.23	1	115	65	50	8.26	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	0.866	141	145.6	27	7.25	3.5	0.46	1	117	79	38	7.42	1500
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	**N/A
	BAJA	0.988	150	170.0	29	7.5	3.8	0.48	1	125	85	40	7.61	1800
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	**N/A
Lluviosa	ALTA	2.5	70.4	119.9	26	7.87	2.0	0.11	ND	98	58	40	6.12	780
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	*A	*A	*A
	MEDIA	3.6	89.7	131.2	27	7.92	3.4	0.28	1	110	74	36	6.15	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	*A	*A
	BAJA	6.7	98.9	145.5	29.2	7.95	3.2	0.33	1	123	78	45	5.61	1600
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	*A	**N/A
Seca	ALTA	0.085	137.7	102.5	24.8	7.87	2.8	0.24	1	135	85	50	8.51	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	0.094	156.0	165.9	27.5	7.9	3.5	0.56	2	152	89	63	7.20	3000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A
	BAJA	0.031	169.9	187.6	28	7.99	2.1	0.77	2	155	91	64	6.99	6000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	*A	N/A

\*A= ACEPTABLE (Esta en los límites de permisibles para aguas potables o uso doméstico)

\*\*N/A= NO ACEPTABLE (NO esta en los límites permisibles para aguas potables o uso doméstico) Normas de calidad de agua potable OMS, EEC, CONACYT

Cuadro 27 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río “Guayapa

CUADRO.27 PARAMETROS DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN TRES EPOCAS DIFERENTES Y TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO “GUAYAPA “. ZONA HIDROGRAFICA SAN PEDRO BELEN-CARA SUCIA UES. CCAA. 2005-2006.														
Parámetros		Caudal	Físicos			Químicos							Biológicos	
Época	Punto de muestreo /ubicación en la cuenca	Q m <sup>3</sup> /s	TDS mg/l	Conduc. Electrica μs/cm	T °c	pH U de pH	Nitratos (NO <sub>3</sub> ) mg/l	Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) mg/l	sulfatos (SO <sub>4</sub> ) mg/l	Dureza mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	OD mg/l O <sub>2</sub>	Coliformes Fecales NMP/100 ml
Transición Seca-lluviosa	ALTA	0.432	149.0	124.8	25.4	7.35	6.30	0.4	1	105	56	49	8.99	700
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	0.555	154.9	125.6	27.5	7.03	6.95	0.56	1	125	75	50	7.6	1200
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	**N/A
	BAJA	0.558	156.0	143.0	29.8	7.55	7.01	0.78	1	138	86	52	7.5	1300
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A
Lluviosa	ALTA	1.98	115.6	114.7	24.9	7.09	5.4	0.30	ND	95	60	35	8.4	500
	RESULTADO		A	A	A	A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	2.78	123.4	121.3	27.0	7.8	6.1	0.43	1	124	70	54	7.5	800
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A	*A
	BAJA	4.81	145.9	132.9	29.7	6.98	6.90	0.48	1	136	89	47	7.9	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A
Seca	ALTA	0.234	154.6	105.2	23.7	7.56	6.35	0.67	1	135	85	50	9.36	800
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	*N/A	*A
	MEDIA	0.067	158.7	112.8	25.2	7.55	7.99	0.78	2	146	76	70	7.93	1600
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A
	BAJA	0.043	500,9	140.9	25.5	8,9	8.09	0.98	3	158	90	68	9.21	3000
	RESULTADO		*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A	**N/A

\*A= ACEPTABLE (Esta en los límites de permisibles para aguas potables o uso doméstico)

\*\*N/A= NO ACEPTABLE (NO está en los límites permisibles para aguas potables o uso doméstico) Normas de calidad de agua potable OMS, EEC, CONACYT

Cuadro 28 Parámetros de cantidad y calidad de agua en tres épocas diferentes y tres puntos de muestreo del río Copinula

CUADRO.28 PARAMETROS DE CANTIDAD Y CALIDAD DE AGUA EN TRES EPOCAS DIFERENTES Y TRES PUNTOS DE MUESTREO DEL RÍO "COPINULA ". ZONA HIDROGRAFICA SAN PEDRO BELEN-CARA SUCIA UES. CCAA. 2005-2006.														
Parámetros		Caudal	Físicos			Químicos							Biológicos	
Época	Punto de muestreo /ubicación en la cuenca	Q m <sup>3</sup> /s	TDS mg/l	Cond. Elec. µs/cm	T °c	pH U de pH	Nitrato (NO <sub>3</sub> ) mg/l	Fosfatos (PO <sub>4</sub> ) mg/l	sulfatos (SO <sub>4</sub> ) mg/l	Dureza mg/l	Ca mg/l	Mg mg/l	OD mg/l O <sub>2</sub>	Coliforme <sup>s</sup> Fecales NMP/100 ml
Transición Seca- lluviosa	ALTA	0.87	123	112.1	24.6	7.5	5.8	0.32	ND	105	60	45	7.3	500
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	0.986	154	123.5	27	7.8	6.4	0.54	1	115	89	26	8.5	1000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A
	BAJA	1.03	167	156.3	29.5	8.1	7.5	0.67	1	121	78	43	8.6	1000
RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	*A	
Lluviosa	ALTA	1.097	113	104.3	24.9	7.1	4.0	0.21	ND	98	55	43	7.9	300
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	*A
	MEDIA	1.89	121	114.7	27.8	7.6	5.1	0.34	1	115	65	50	8.5	900
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A	**N/A	*A
	BAJA	3.76	156	134.9	29.9	7.9	5.7	0.45	1	123	67	56	8.4	1000
RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	*A	
Seca	ALTA	0-098	134	126	25.0	7.28	5.7	0.50	ND	134	75	59	5.6	600
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	**N/A	*A	*A
	MEDIA	0.089	167.9	152.3	28.2	6.90	6.9	0.77	1	152	85	67	6.0	2000
	RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	*A	**N/A
	BAJA	0.034	189.3	176.9	30.0	8.0	7.9	1.2	1	168	96	72	5.0	3000
RESULTADO		*A	*A	*A	*A	*A	**N/A	*A	**N/A	**N/A	**N/A	*A	**N/A	

A= ACEPTABLE (Esta en los límites de permisibles para aguas potables o uso doméstico)

N/A= NO ACEPTABLE (NO esta en los límites permisibles para aguas potables o uso doméstico) Normas de calidad de agua potable OMS, EEC, CONACYT

### 7.1.1 Caudales

En el cuadro 29, se detalla la cantidad de agua de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula, en tres épocas diferentes, transición (estación seca-lluviosa) mes de Abril-Mayo, lluviosa en el mes de Junio y seca en el mes de Enero, medidos en la parte alta, media y baja del río.

Cuadro 29 Caudales (m<sup>3</sup>/s) de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula

Río	Punto muestreo	Época seca-lluviosa Q (m <sup>3</sup> /s)	Época lluviosa Q (m <sup>3</sup> /s)	Época seca Q (m <sup>3</sup> /s)	RESULTADO
Cara Sucia	A	0.370	1.450	0.081	En una misma época estacional los caudales son menores en la parte alta de los ríos, en relación a la parte media y baja. Se da un incremento de caudal en la época lluviosa y un aumento muy considerable en la parte baja. Sin embargo en la época seca los caudales tienden a disminuir
	M	0.698	2.680	0.128	
	B	0.734	3.560	0.114	
El Naranjo	A	0.514	2.500	0.085	
	M	0.866	3.600	0.094	
	B	0.988	6.700	0.031	
Guayapa	A	0.432	1.980	0.234	
	M	0.555	2.780	0.067	
	B	0.558	4.810	0.043	
Copinula	A	0.870	1.097	0.098	
	M	0.986	1.890	0.089	
	B	1.030	3.760	0.034	

Fuente: Elaboración propia

Los caudales del río Cara Sucia se ven incrementados en la época lluviosa con valores máximos de 3.560 m<sup>3</sup>/s. en la parte baja. Sin embargo, en la época seca se observa una disminución hasta de 0.114 m<sup>3</sup>/s. en la misma parte baja del río (figura 6).

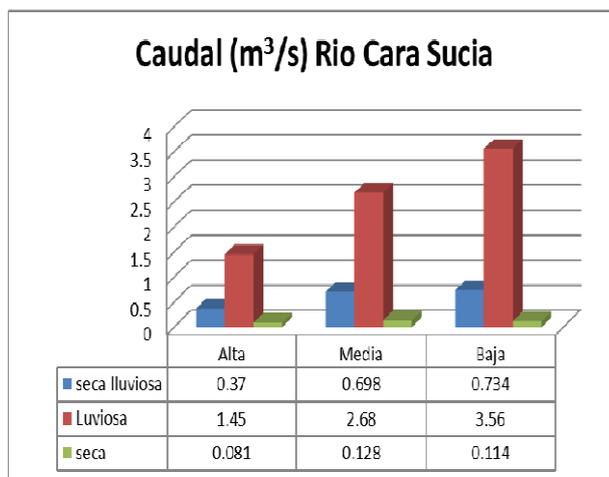


Figura 6 Caudales (m<sup>3</sup>/s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia. San Francisco Menéndez, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Los caudales del río El Naranjo se ven incrementados en la época lluviosa, con valores máximos de 6.7 m<sup>3</sup>/s. en la parte baja. Sin embargo, en la época seca se observa una disminución hasta de 0.031 m<sup>3</sup>/s. en la misma parte baja del río (Figura 7).

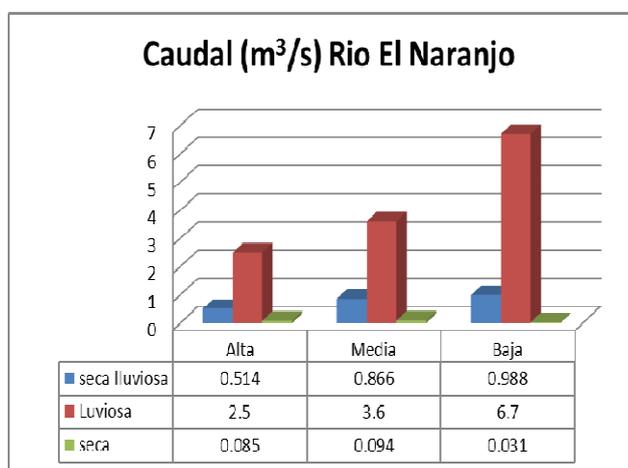


Figura 7 Caudales (m<sup>3</sup>/s.) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo. San José El Naranjo, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas

De acuerdo a los resultados, los caudales del río Copinula, se ven incrementados en la época lluviosa, con valores máximos de 3.76 m<sup>3</sup>/s. en la parte baja. Sin embargo, en la

época seca se observa una disminución hasta de  $0.034 \text{ m}^3/\text{s}$ . en la misma parte baja del río (figura 8).

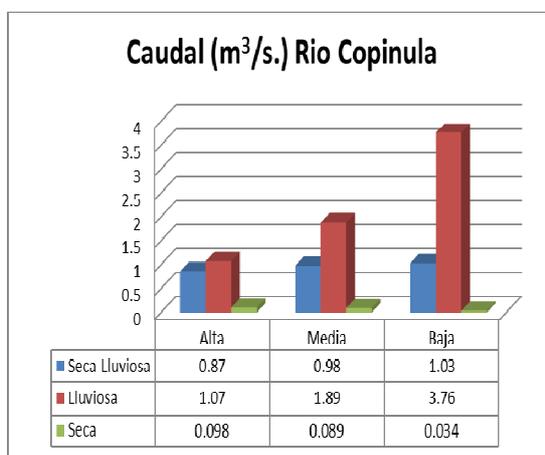


Figura 8 Caudales ( $\text{m}^3/\text{s}$ .) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

De acuerdo a los resultados, los caudales del Río Guayapa se ven incrementados en la época lluviosa, con valores máximos de  $4.81 \text{ m}^3/\text{s}$ . en la parte baja. Sin embargo, en la época seca, se observa una disminución hasta de  $0.043 \text{ m}^3/\text{s}$ . en la misma parte baja del río (figura 9).

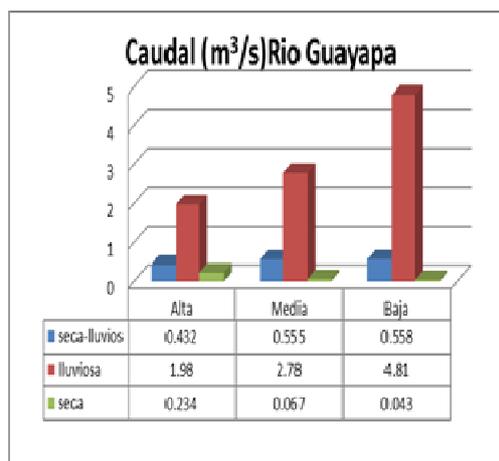


Figura 9 Caudales ( $\text{m}^3/\text{s}$ .) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.

De los cuatro ríos en estudio, el que alcanza un mayor caudal durante la época lluviosa, es el río El Naranjo con un valor de  $6.7 \text{ m}^3/\text{s}$ , seguido del río Guayapa con  $4.81 \text{ m}^3/\text{s}$ , seguido del Copinula con  $3.76 \text{ m}^3/\text{s}$ , y en último lugar el río cara Sucia con  $3.56 \text{ m}^3/\text{s}$ . Estos incrementos de caudal se dan en la parte baja del río.

La variación del caudal a lo largo de los ríos en estudio, se da porque a medida que la cuenca recoge agua de quebradas y de escorrentías, aumenta la cantidad de agua desde la parte media, hasta aguas abajo, debido a esto, los ríos suele ser pequeños en la parte alta, cerca de su nacimiento, y mucho mayor en la parte baja, próximas a su desembocadura. Sin embargo en la época seca, se da una disminución sustancial del caudal de los ríos desde la parte alta, hasta la parte baja. En la época de transición el comportamiento del caudal en los ríos presenta resultados medios.

Para poder analizar el comportamiento de la cantidad de agua, en diferentes épocas y puntos de muestreo en los diferentes ríos Cara Sucia, El Naranjo, Copinula y Guayapa, se consultó mediante una encuesta a los habitantes aledaños a las riveras de los ríos, quienes hacen uso del agua para sus actividades domésticas, productivas y sociales (anexo 3).

Del total de las familias encuestadas en cada zona, aledaña a los ríos en estudio el 72.7% hacen uso del agua del río El Naranjo, del río Cara Sucia es el 95.5%, Copinula el 83.3% y del Guayapa el 100%, hacen uso del agua, durante todo el año, debido a que es el único medio de abastecimiento para sus actividades diarias, quienes además manifiestan que tienen problemas de abastecimiento en la época seca, debido a la disminución de los caudales en las diferentes partes del río. En el análisis de los resultados de las encuestas se describen los diferentes usos del agua de los ríos por los asentamientos humanos aledaños a los mismos

## **7.2 Calidad de agua parámetros físicos.**

En cuanto a los parámetros físicos que determinan la calidad de agua, de acuerdo normas de calidad de aguas superficiales, a continuación se describen y analizan cada uno de los parámetros de los ríos en estudio

### 7.2.1. Sólidos totales disueltos.

Los resultados de sólidos totales disueltos del agua de los ríos en estudio se presentan en tres épocas diferentes, transición estación seca-lluviosa, lluviosa y seca. Realizando las mediciones en la parte alta, media y baja del lecho de cada río.

En el Río Cara Sucia, los resultados muestran que la cantidad de sólidos totales disueltos se ven incrementados en la parte baja de la época seca, con valores máximos de 156mg/l. Sin embargo, en la época lluviosa se observa una disminución hasta de 59,8mg /l. en la parte alta del río (figura 10).

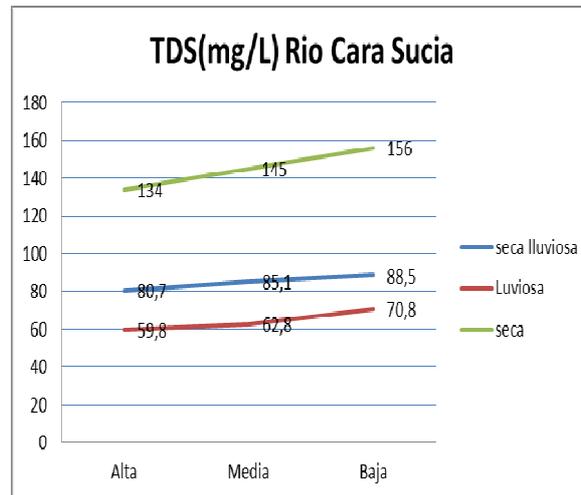


Figura 10 Sólidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Tendencia similar presento el río El Naranjo, que de acuerdo a los resultados observados, la cantidad de sólidos totales disueltos, se ven incrementados en la parte baja, en la época seca, con valores máximos de 169.9mg/l. Sin embargo, en la época lluviosa, se observa una disminución hasta de 70.4mg/l. en la parte alta del río (figura 11).

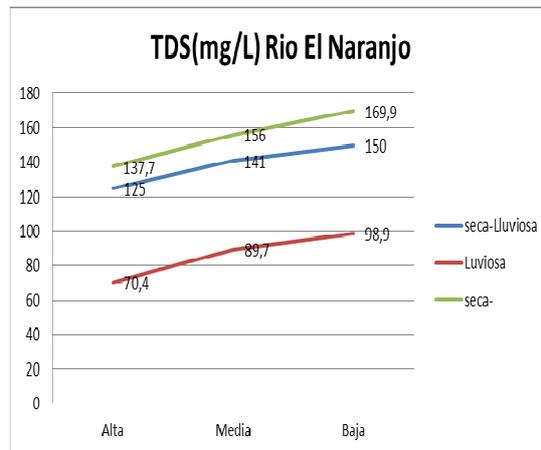


Figura 11 Solidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo. San José El Naranjo, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En el río Copinula, se ven incrementos en la parte baja en época seca, con valores máximos de 189.3mg/l. Sin embargo, en época lluviosa, se observa una leve disminución de 104.3mg/l. en la parte alta del río (figura 12).

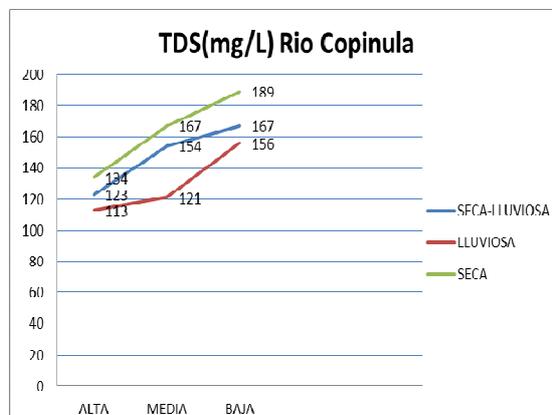


Figura 12 Solidos totales disueltos (mg/l) Registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005 UES Facultad de Ciencias Agronómicas.

De los cuatro ríos en estudio el río Guayapa, presenta el mayor incremento tanto en la parte baja como en la parte alta en la época seca, con valores máximos de 500.9 mg/l. Sin embargo, en época lluviosa se observa una leve disminución de 115.6 mg/l, en la parte alta del río (figura 13).

Ese aumento de sólidos totales en el río, es debido a sustancias orgánicas o inorgánicas provocando ese incremento la disolución de iones como cloruros, sulfatos, bicarbonatos, nitratos fosfatos y sílice entre los más representativo (Spring, 2003); de acuerdo a los resultados comparativos de nitratos y fosfatos en la época seca, el río Guayapa presenta valores altos de estos iones, como de conductividad eléctrica; parámetros que se ligan a un incremento de sólidos totales disueltos.

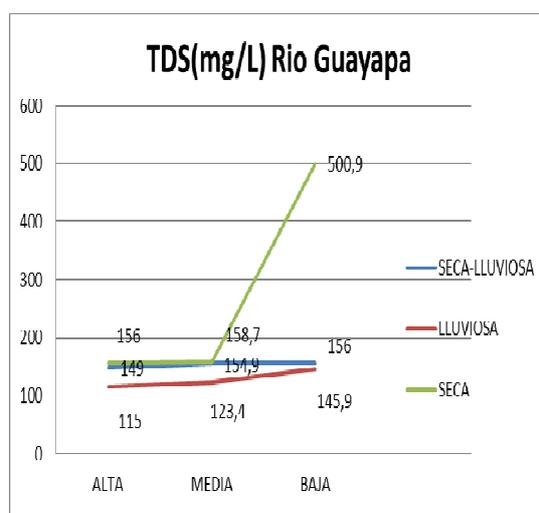


Figura 13 Sólidos totales disueltos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas.

De las variaciones de valores de Sólidos disueltos Totales (SDT), estos permanecieron por debajo del límite establecido por la Norma Salvadoreña NSO 130701 (600 mg/l), presentando valores en un rango de 62.8 mg/l a 500.9.0mg/l.

La presencia de sólidos totales disueltos en el agua, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua (Rigola 1999).

Las concentraciones son muy variables, bien sea por la influencia ejercida a causa de la naturaleza del sustrato o por efectos de la contaminación doméstica, industrial producida por el hombre. Un incremento de STD en el agua, en especial si es por causa de cloruros aumenta la salinidad y causa graves problemas de osmoregulación para la mayoría de los organismos acuáticos (Roldan 2008).

### 7.2.2. Conductividad eléctrica

Los valores de conductividad del río Cara Sucia, durante las tres épocas; se mantuvo entre rangos de 125.5 a 185.8.  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , presentando un incremento en la épocas lluviosa, en la parte baja, la cual corresponde a la ubicación de muestreo; salida de Cara Sucia y calle a Garita Palmera, el valor más alto de conductividad eléctrica que es de 185.8  $\mu\text{s}/\text{cm}$  (figura 14).

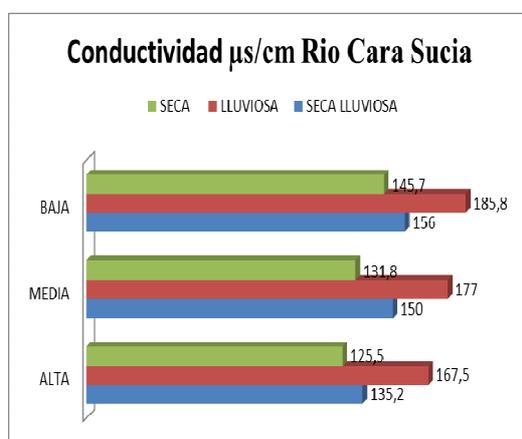


Figura 14 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

El río El Naranjo, presenta valores de conductividad eléctrica que van desde 102,4  $\mu\text{s}/\text{cm}$ -a 187.6  $\mu\text{s}/\text{cm}$  aumentan en cada punto y en cada época de muestreo. Sin embargo presenta el mayor crecimiento de valores en la época seca (figura 15).

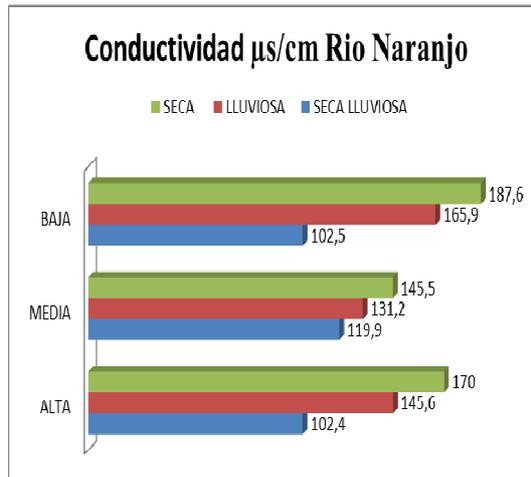


Figura 15 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

El río Copinula, se mantuvo con valores de 104.3 a 176.9.  $\mu\text{s}/\text{cm}$  el incremento de valores se dio en todas las épocas del año, pero en mayor escala en los puntos bajos de cada época (figura 16)

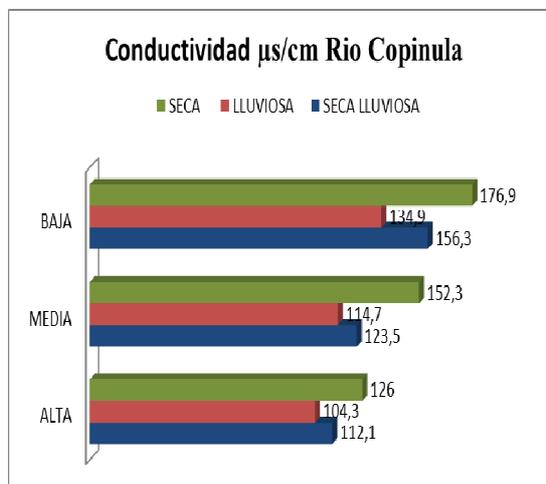


Figura 16 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

La figura 17, demuestra los valores de conductividad del río Guayapa, donde el mínimo valor fue de 105.2 y el mayor 140.9.  $\mu\text{s}/\text{cm}$  El incremento de valores se dio en todas las épocas del año, pero en mayor escala en los puntos bajos de cada época.

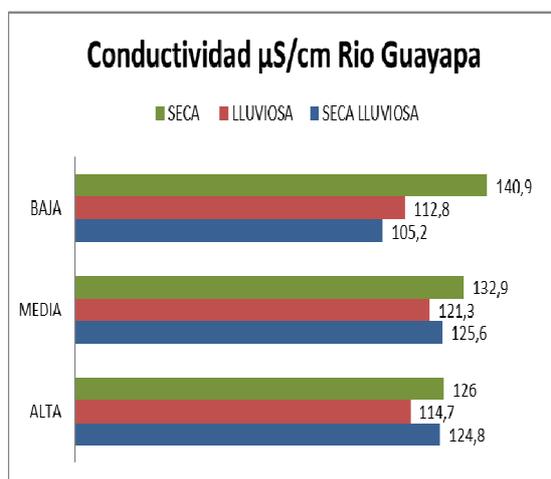


Figura 17 Conductividad eléctrica del agua ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En cuanto a la conductividad eléctrica, estudios de aguas dulces, indican que los ríos que sostienen una buena actividad pesquera, oscilan entre 50 y 500  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ; cuando la conductividad se encuentra fuera de este rango, puede indicar que el agua no tiene condiciones adecuadas para algunas especies de peces y macro invertebrados (Roldan, 2008).

Los valores habituales de conductividad son menores de 50  $\mu\text{s}/\text{cm}$  en aguas de bajo contenido iónico y desde 500 hasta 2000  $\mu\text{s}/\text{cm}$ , para las fuertemente mineralizadas (Roldan 2008).

### 7.2.3 Temperatura

Las variaciones de temperatura a lo largo del río Cara Sucia están en un promedio de 24-30.7°C, siendo la parte alta la que presenta las más bajas temperatura e incrementándose en las tres épocas en la parte baja del río (figura. 18).

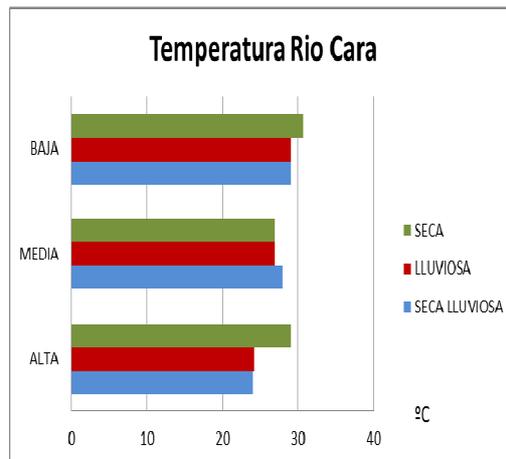


Figura 18 Temperatura del agua (°C) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

El río El Naranjo, presento los rangos de temperatura 24-29.2°C, siendo la parte alta, la que presenta las más bajas temperatura e incrementándose en las tres épocas en la parte baja del río (figura. 19)

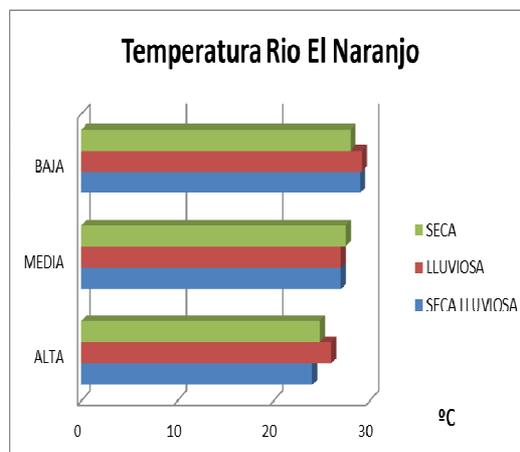


Figura 19 Temperatura del agua (°C) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas

El río Copinula; tiene rangos de temperatura, que están en un promedio de 24.6-30.2°C, siendo la parte alta la que presenta las más bajas temperatura e incrementándose en las tres épocas en la parte baja del río (figura.20).

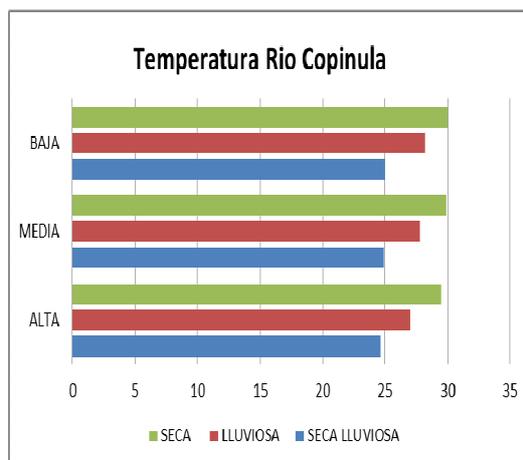


Figura 20 Temperatura del agua (°C) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Los rangos de temperatura del río Guayapa están en un promedio de 23.7-29.8°C, siendo la parte alta la que presenta las más bajas temperaturas, e incrementándose en las tres épocas en la parte baja del río (Figura.21)

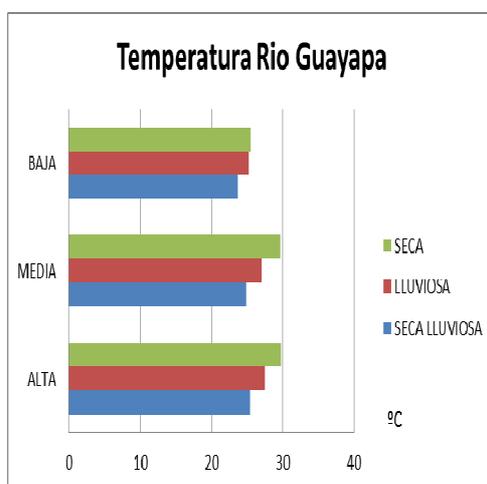


Figura 21 Temperatura del agua (°C) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Los rangos de temperatura andan en un promedio de 24-30.5 °C, donde la parte alta es la que presenta las más bajas temperatura e incrementándose en las tres épocas en la parte baja del río.

La temperatura del agua varía según la región geográfica y el clima. En general, mientras no exceda los 30°C no representa un problema mayor, (Campos ,2000).

La parte alta de la zona en estudio, se caracteriza por un clima con temperaturas que oscilan entre los 27-28 °C, específicamente en horas de la mañana. En la parte baja, los muestreos se realizaban en horas del mediodía, lo que también influía en la temperatura de los cuerpos de agua. El promedio de los valores de temperatura se mantiene en rangos aceptables de acuerdo a las normas de calidad de la OMS (Guía C.A OMS, 1996), donde el rango de calidad es hasta un máximo de 25 °C.

La temperatura, determina la evolución o tendencia de las propiedades físicas, químicas y biológicas. El aumento de temperatura, aumenta la solubilidad de sales ocasionando cambios en la conductividad eléctrica y el pH. La temperatura es un parámetro muy importante en la vida del cuerpo del agua pues la existencia de la biota depende de la temperatura. (Campos 2000)

### **7.3. Parámetros químicos**

#### **7.3.1Potencial de Hidrogeno (pH)**

Los valores del potencial de Hidrógeno, obtenidos en las tres épocas de muestreo, en los ríos en estudio, demostraron resultados; en el caso del río Cara Sucia con valores desde 7.18-8.07 unidades de pH, Se dio un incremento de pH en la época lluviosa de muestreo y puntualmente en la parte media del río (figura 22)

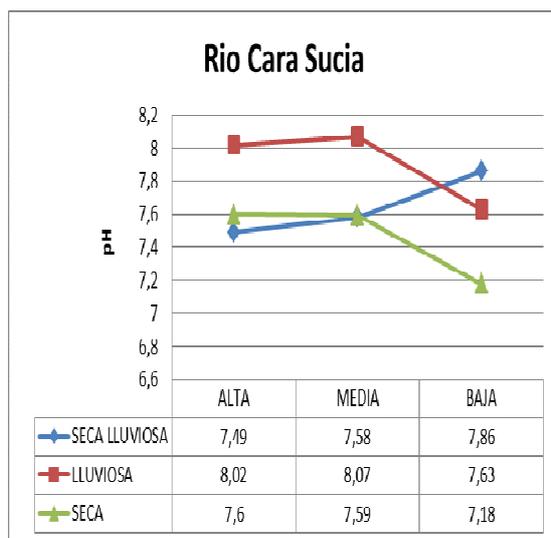


Figura 22 Potencial de Hidrogeno (unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En el Río El Naranjo se midieron valores desde 7.09-7.99 unidades de pH. Se visualiza en la gráfica, que en la época seca-lluviosa, es donde se registraron valores más bajos de pH, específicamente en la parte alta del río y se incrementaron en la época lluviosa, manteniéndose muy cercanos los valores de pH en la época seca (figura 23)

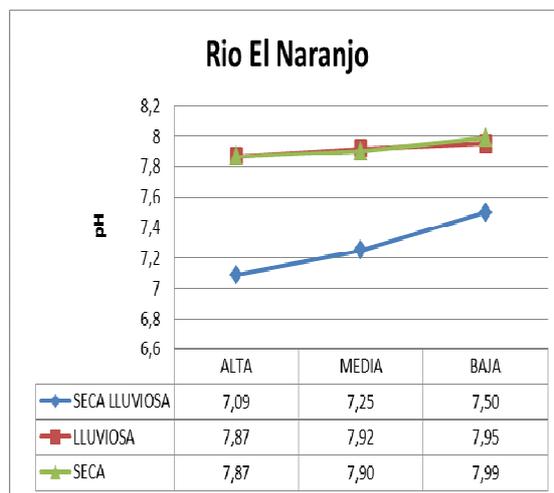


Figura 23 Potencial de Hidrogeno (pH unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas

El Río Copinula, presento valores desde 6.09-8.1 unidades de pH. Durante la época seca-lluviosa el pH fue incrementando, desde el punto alto de muestreo alcanzando un valor máximo de 8.1 en la parte más baja; sin embargo en la época seca, presenta un valor de pH más bajo comparado con el de los otros puntos de muestreo; estos cambios bruscos de pH de un punto a otro se debe a factores externos como es la temperatura del agua. En términos generales, el pH de un cuerpo de agua puede variar a lo largo de un amplio rango de valores, dependiendo de factores intrínsecos y extrínsecos al ambiente acuático(figura 24)

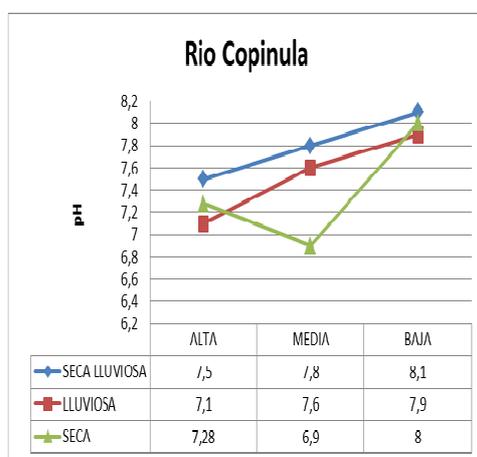


Figura 24 Potencial de Hidrogeno (pH unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Copinula, Jujutla, Guaymango Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

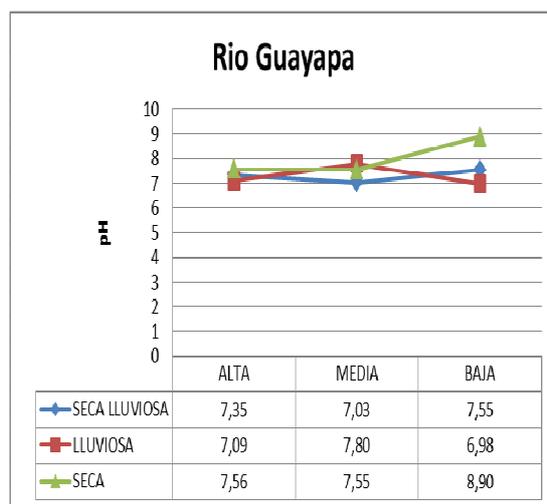


Figura 25 Potencial de Hidrogeno (unidades de pH), registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Los potenciales de Hidrógeno obtenidos en las tres épocas de muestreo, en el Río Guayapa, se midieron con valores desde 6.98-8.90 unidades de pH (figura 25).

Durante la época seca-lluviosa, el pH fue incrementando desde el punto alto de muestreo, alcanzando un valor máximo de 8.1, en la parte más baja; sin embargo en la época seca presenta un valor de pH más bajo, comparado con el de los otros puntos de muestreo, estos cambios bruscos de pH de un punto a otro se debe a muchos factores externos. Dichos valores se encuentran dentro de los límites admisibles según la norma de calidad del CONACYT, donde los rangos de permisibilidad son: para, agua potable 5.0-9.2; para riego el valor es de 6.5-8.4 para la vida piscícola 6.5-8.6 unidades de pH.

### **7.3.2 Nitratos (NO<sub>3</sub>)**

Las concentraciones de Nitratos, en muestras de aguas tomadas de los ríos en estudio en tres épocas del año: lluviosa-seca, lluviosa y seca dieron resultados, donde las concentraciones de nitratos en el Río Cara Sucia muestran valores que van desde 4.45 hasta 7.89 mg/l; presentando el mayor valor en la época seca que fue de 7.98 mg/l específicamente en el punto bajo de muestreo; en segundo lugar la mayor concentración de nitratos se dio en la época seca-lluviosa de 5.76 mg/l en el mismo punto bajo del muestreo. Sin embargo se observa que la concentración de nitratos es casi homogénea en la parte alta durante las tres épocas de muestreo con un promedio de 5.26 mg/l de NO<sub>3</sub> en el punto alto de muestreo para las tres épocas (figura 26).

Los valores más altos de concentraciones de nitratos ,se dieron en la época seca, en los tres puntos de muestreo, lo que demuestra que la falta de fluidez de agua en esta época aumenta las concentraciones

Se observa que la concentración de nitratos es casi homogénea en los tres puntos de muestreo para cada época; en la parte alta del río el promedio es de 2.63mg/l, parte media tiene un promedio de 3.46 mg/l y la parte baja 3.03 mg/l. En aguas superficiales los valores normales oscilan entre 0 y 5mg/l y en aguas subterráneas es de 0-9.0mg/l (Mora, 2009).

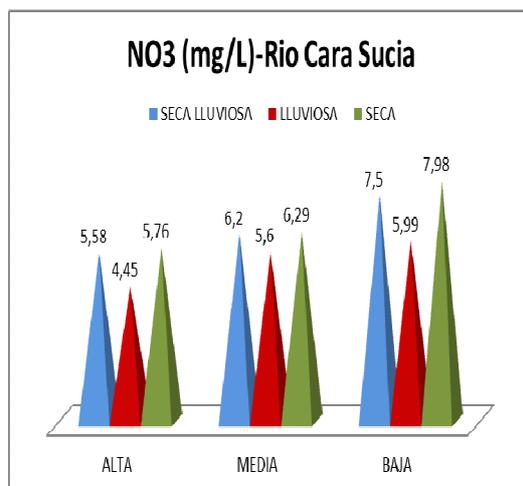


Figura 26 Concentración de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas

En el río El Naranjo; las concentraciones de nitratos muestran valores desde 2.0 hasta 3.8 mg/l (Figura 27). Estos valores comparados con las concentraciones obtenidas en el Río Cara Sucia son relativamente bajas al igual que al compararla con el valor proporcionado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas de consumo de 50mg/l.

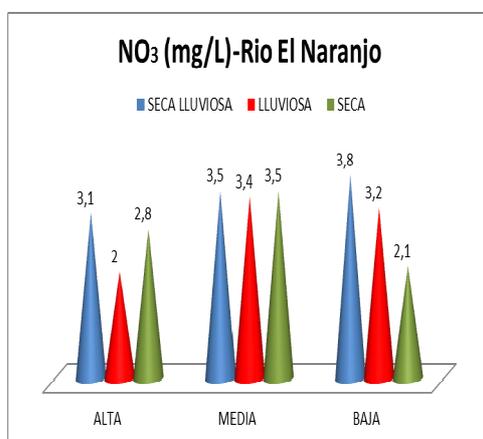


Figura 27 Concentración de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas

Los resultados del Río Copinula; muestran valores que van desde 4.0 hasta 7.8 mg/l; presentando el mayor valor de 7.8 mg/l en la época seca específicamente en el punto bajo de muestreo; en segundo lugar la mayor concentración de nitratos fue de 7.5 mg/l, en la época seca-lluviosa en el mismo punto bajo del muestreo (figura 28). Las concentraciones

de nitrato encontradas en el río Copinula son bastantes similares a las encontrada en el Río Cara Sucia aunque en algunos puntos con menor grado de concentración.

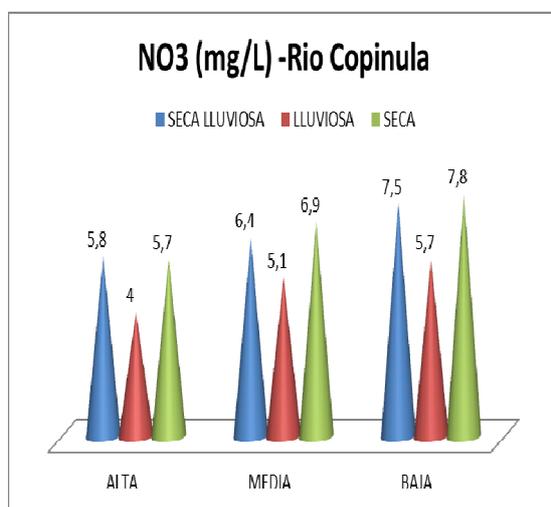


Figura 28 Concentracion de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En el Río Guayapa, las concentraciones de nitratos, muestran valores que van desde 5.4 hasta 8.09 mg/l; presentando el mayor valor de 8.09 mg/l, en la época seca específicamente en el punto bajo de muestreo; en segundo lugar la mayor concentración de nitratos se dio en la época seca con valores de 7.99 mg/l en la parte media de muestreo (figura 29).

Las concentraciones de nitrato, encontradas en el río Guayapa en la época seca, son los valores más altos que se dieron en todo el muestreo de los cuatro ríos en estudio. Los cuatro ríos presentaron valores aceptables de concentración de Nitratos; aunque unos en mayor escala como es el caso del río Guayapa, que presenta los valores más altos de concentración en nitratos en segundo lugar el Copinula, tercer lugar el río Cara Sucia y el más óptimo por sus bajas concentraciones es el Río El Naranjo; todos estos valores máximos se sacaron de los resultados en la época seca y en el punto bajo de muestreo.

El nitrato es un ion que está presente en la naturaleza, y forma parte del ciclo normal del nitrógeno; sin embargo valores mayores de 50mg/l, se debe al uso de fertilizantes

nitrogenados y a la lixiviación de materia fecal de los animales y de los humanos (Mora, 2009).

El valor máximo de aceptable, es de 50mg/l para uso doméstico; según normas de calidad de agua para consumo proporcionadas por la OMS.

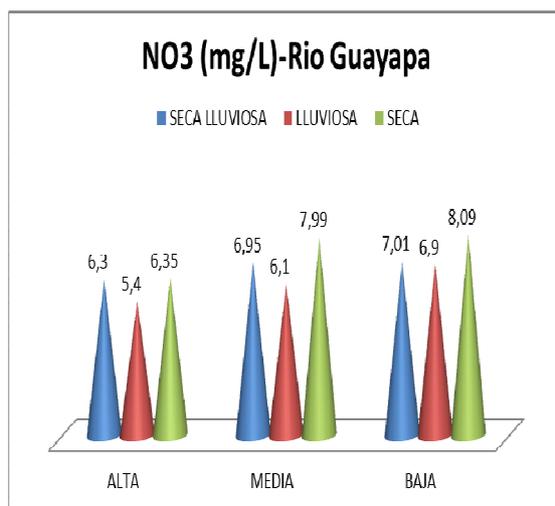


Figura 29. Concentración de Nitratos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas

### 7.3.3 Fosfatos (PO<sub>4</sub>) mg/l

Las concentraciones de fosfatos determinadas en las muestras de agua del Río Cara Sucia; en las tres épocas de muestreo, indican que los valores varían desde 0.23 hasta 0.78 mg/l (Figura 30). Los valores más altos de concentraciones de fosfatos se da en la época seca, específicamente en el punto bajo de muestreo con un valor de 0.78mg/l. Los valores de fosfatos, que están arriba de las concentraciones críticas (>1mg/l), se debe generalmente a que vierten directamente a las aguas superficiales, fertilizantes eliminados del suelo por el agua o el viento, excreciones humanas y animales, detergentes y productos de limpieza (Gutiérrez, 2000).

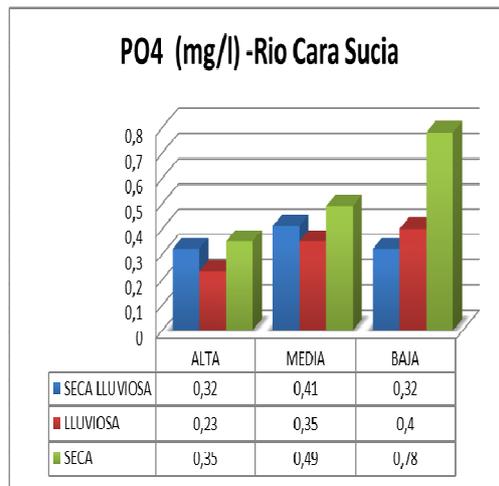


Figura 30 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En el río El Naranjo, los resultados de fosfatos en las tres épocas de muestreo se observa que varían desde 0.11 hasta 0.77 mg/l. Los valores más altos de concentraciones de fosfatos se da en la época seca, específicamente en la punto bajo de muestreo con valores de 0.77 mg/l (figura 31).

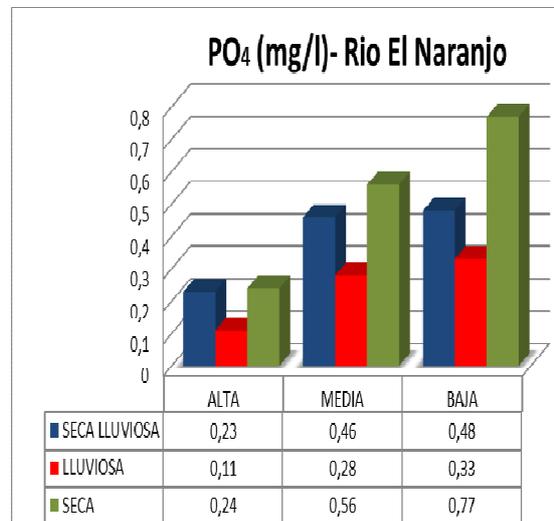


Figura 31 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Por otro lado en el río Copinula, presenta valores mínimos de 0.21 mg/l en la parte baja en época seca-lluviosa e igual valor en la parte alta de época lluviosa; alcanzando valores máximos de 1.0 mg/l en la época seca en la parte baja del río (figura 32).

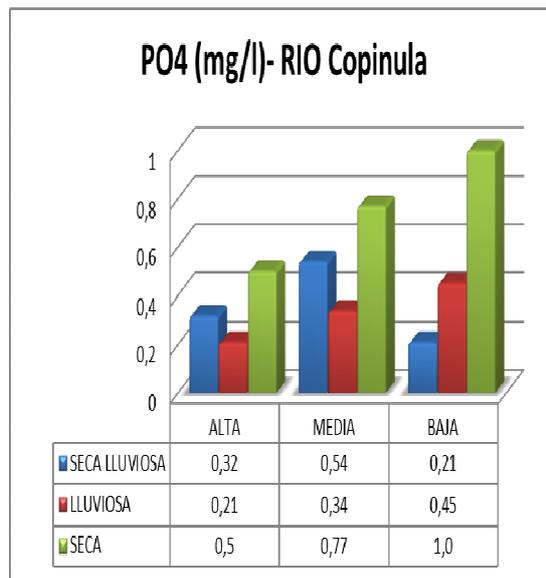


Figura 32 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En el caso del río Guayapa, los resultados de fosfatos en las tres épocas de muestreo, se observa que varían desde 0.30 hasta 0.98 mg/l. (figura 33); el mayor incremento de fosfatos es en la parte baja en la época seca y el menor valor se registra en la época lluviosa, en la parte alta del río.

Estos valores obtenidos en los cuatro ríos en estudio están en el rango de concentraciones críticas, para una eutrofización incipiente, que es entre 0,1-0,2 mg/l PO<sub>4</sub><sup>-</sup> en el agua corriente y entre 0,005-0,01 mg/l PO<sub>4</sub><sup>-</sup>, en aguas estancadas (FAO, 1993).

Si no hay una alternativa de disminución de los factores que aumenten los niveles de fosforo en el río, puede causar enriquecimiento de nutrientes en el mismo, provocando el crecimiento de plantas acuáticas, las cuales disminuyen el paso de luz a los estratos inferiores del río y existe competencia por oxígeno, con otros seres vivos de mayor importancia; además, de causar actividades anaeróbicas, que influyen en la descomposición de materia orgánica, provocando malos olores en los cuerpos de agua (Rigola,1999).

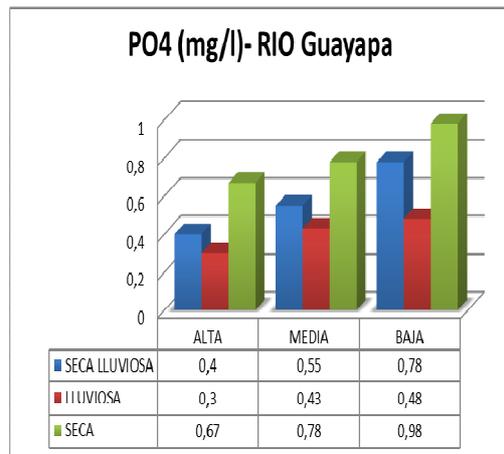


Figura 33 Concentración de Fosfatos (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

Las concentraciones de fosfatos resultantes en los cuatro ríos están por debajo del límite máximo permisible de 1.3mg/l para el agua de consumo humano y animal que establece la Organización Mundial de la Salud (OMS) (Arguello, 1998).

Por lo anteriormente expuesto se puede afirmar, que los ríos en estudio, al momento de la toma de las muestras en las diferentes épocas del año, no son un riesgo inmediato. Aunque según la Water Quality Assessments los valores máximos de fosfatos es de 0.4-0.7 mg/l.

De acuerdo a los resultados de las encuestas, uno de los factores por lo que se contaminan los ríos en estudio, es debido al uso potencial de las aguas de los ríos: Cara Sucia, El Naranjo, Copinula y Guayapa, que son usadas para el lavado de ropa, actividad que generalmente la hacen directamente dentro del río. Además de hacer uso de los diferentes detergentes comerciales, los cuales en alguna medida incrementan las concentraciones de fosfatos en las aguas naturales.

#### **7.3.4 Sulfatos (SO<sub>4</sub>)**

El contenido de sulfatos en los Ríos Cara Sucia, El Naranjo, Copinula y Guayapa relativamente es insignificante; ya que tienen valores de 1.0 mg/l (figura 34 y 35); en los puntos más críticos, es tan pequeña la concentración, que estas no son detectables con

respecto a los valores permisibles de 1.3 mg/l que establece las normas de la Organización Mundial de la Salud (OMS), para aguas destinadas al consumo humano y para beber.

Según las normas de Calidad del CONACYT para agua potable la concentración máxima admisible son de 250 mg/l. Existen otras normas con rangos más amplios como es “Las Guías de Calidad para Agua de Bebida del Canadá, que recomiendan un máximo de 500 mg/l. La concentración normal de sulfatos en aguas dulces es de 2.0-150 mg/l (Rigola, 1990).

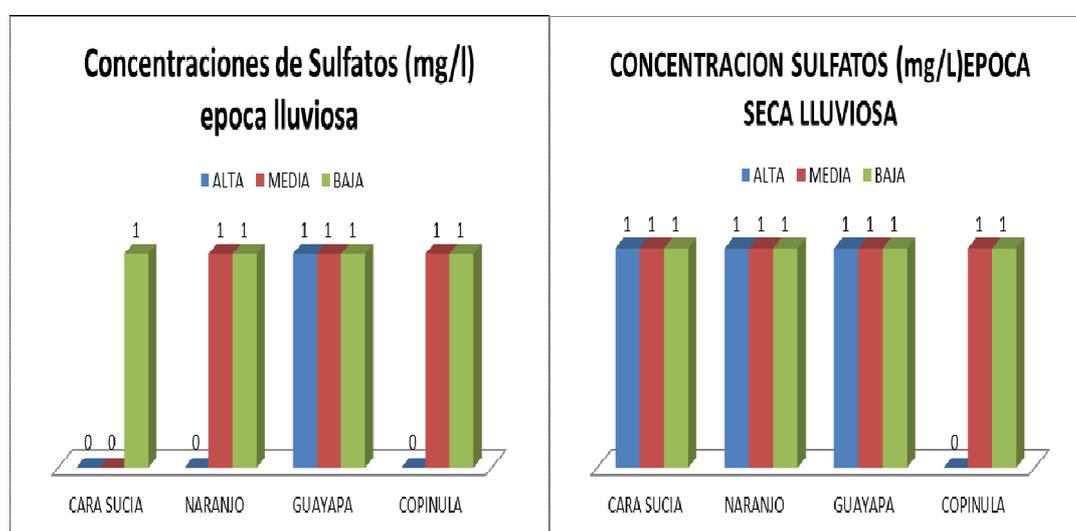


Figura 34 Concentración de iones sulfatos en época lluviosa y seca lluviosa de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula

Las concentraciones de sulfatos en el río Cara sucia alcanza un valor maximo de 0-1mg/l, en las tres epocas de muestreo El río El Naranjo alcanza un leve incremento de 2.0 mg/l en la época seca, en tanto en la parte media como baja del río.

El río Guayapa, eleva insignificamente sus concentraciones de sulfatos de 1- 3 mg/l en la época seca en la parte baja del muestreo, y el río Copinula presente un rango de 0-1 mg/l. Ambos valores se encuentran en los rangos normales de sulfatos, según la norma de calidad del CONACYT para agua potable.

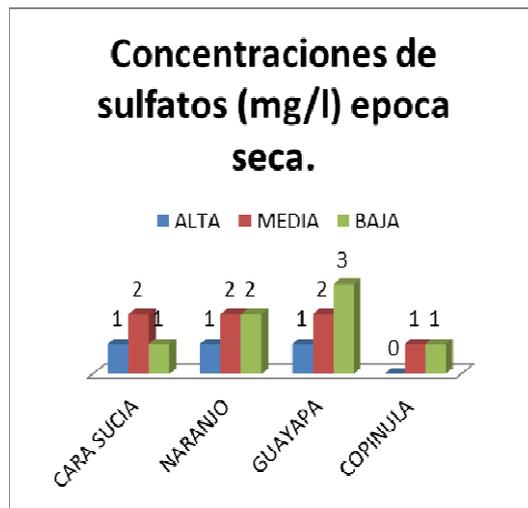


Figura 35 Concentración de iones sulfatos en época seca de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula

### 7.3.5 Dureza

La dureza de las aguas de los ríos en estudio se reportan, en base a la concentración de iones calcio y magnesio presente en una muestra de agua.

La figura 36 muestra que los valores de dureza del Río Cara Sucia, que están entre 65 a 148 mg/l. Según la Norma COPANIT 395-99 MICI. República de Panamá los valores máximos permisibles para aguas superficiales, es de 100mg/l por lo que los valores encontrados en la parte baja del río en época seca, sobrepasan este valor, y según las normas y regulaciones de calidad para uso del agua (agua potable), proporcionadas por la Comunidad Económica Europea (EEC) es de 50 mg/l.

La valoración del agua del río Cara Sucia, en la época seca-lluviosa en los tres puntos de muestreo, se considera moderadamente dulce por lo que se recomienda para uso doméstico no así en la época seca, donde los valores se incrementan, dando como resultado un agua dura.

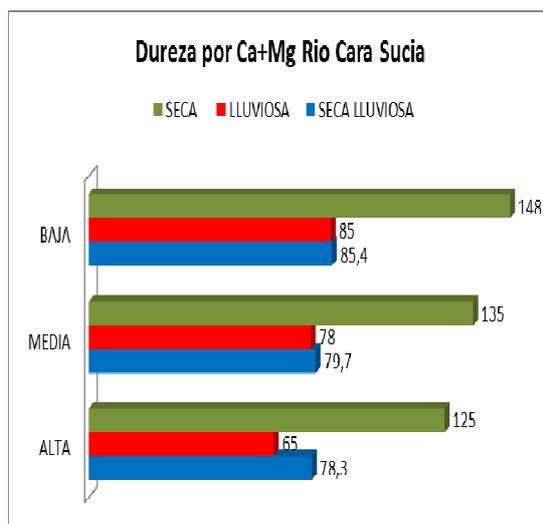


Figura 36 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ - $\text{Mg}^{+2}$ ) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómica

La Dureza del Río El Naranjo, está entre 98 a 155mg/l. Los valores reportados en la parte baja durante la época seca, están fuera de Los valores máximos permisibles para aguas superficiales como potables, por lo que no se recomienda su uso doméstico (figura 37)

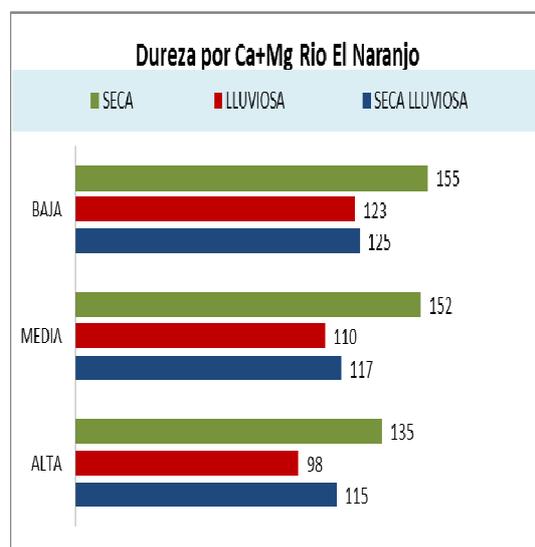


Figura 37 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ -  $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

La figura 38, reporta los valores de Dureza del Río Copinula que están entre 98 a 168mg/l. Según la Norma COPANIT 395-99 MICI. República de Panamá los valores máximos

permisibles para aguas superficiales es de 100mg/l. Los valores reportados en la parte baja durante la época seca están fuera de Los valores máximos permisibles para aguas superficiales como potables por lo que no se recomienda su uso doméstico.

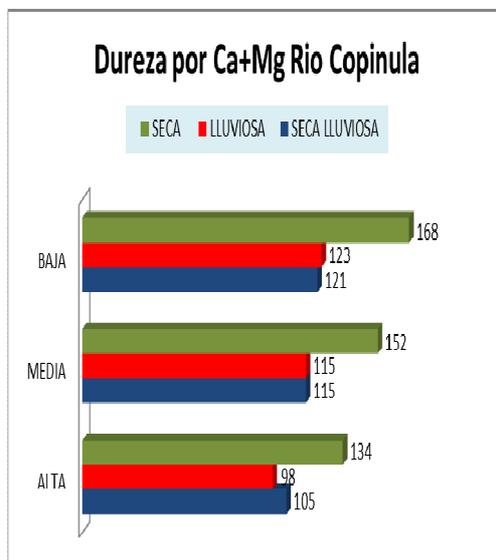


Figura 38 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ -  $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Agronómicas

La figura 39 reporta los valores de dureza del Río Guayapa que están entre 95 a 158mg/l. Según la Norma COPANIT 395-99 MICI. República de Panamá los valores máximos permisibles para aguas superficiales es de 100mg/l. Todos los valores reportados en los diferentes puntos de muestreo están arriba del 100mg/l; por lo que se considera un agua muy dura.

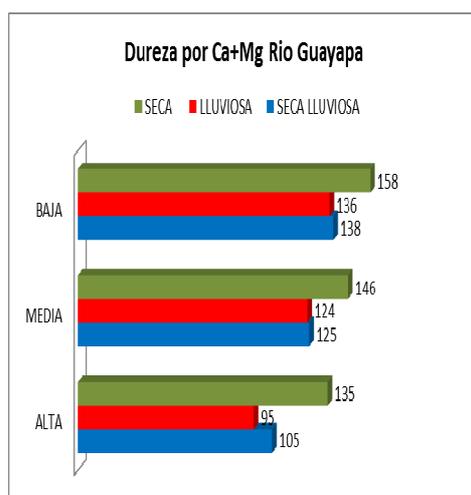


Figura 39 Dureza ( $\text{Ca}^{+2}$ -  $\text{Mg}^{+2}$ ) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

De acuerdo a las concentraciones de calcio y Magnesio, se puede clasificar el agua como dulces hasta duras. La dureza de las aguas también se puede expresar en grados hidrométricos franceses, utilizando las concentraciones de iones Calcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) y Magnesio ( $\text{Mg}^{+2}$ )

El cálculo de la dureza se realiza mediante la siguiente formula:

$$\text{Dureza} = \frac{(\text{Ca}^{+2} \times 2.5) + (\text{Mg}^{+2} \times 4.5)}{10}$$

Y la valoración del agua se interpreta mediante la tabla de valores (cuadro 30)

Cuadro 30 Valoración del agua en grados hidrométricos

Valoración del agua	Grados Hidrométricos
Muy dulce	7
Dulce	7-14
Moderadamente dulce	15-22
Moderadamente dura	23-32
Dura	33-54
Muy Dura	>54

Fuente: Canovas, 1986

En base a los resultados de las concentraciones de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  obtenidos en los análisis de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula se elabora un cuadro para valorar las aguas de acuerdo a la dureza (cuadro 31)

De acuerdo a los resultados de dureza (grados hidrométricos), las aguas de los ríos en estudio se caracterizan por su dureza lo que no les permite ser aptas para consumo humano, vida acuática y escasamente algunos puntos en determinadas épocas se podrían utilizar para riego.

Cuadro 31 Resultados de dureza en grados hidrométricos de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula 2005

Época	C.Sucia	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Grados Hidrométricos	Valoración Agua
Seca	Alta	58,5	19,8	22,8	Moderadamente dulce
	Media	53,4	26,3	24,2	moderadamente dura
	Baja	59	26,4	25,6	moderadamente dura
Iluviosa	Alta	40	25	20,3	Moderadamente dulce
	Media	49	29	24,2	moderadamente dura
	Baja	50	35	26,9	moderadamente dura
Seca	Alta	75	50	39,4	Dura
	Media	78	57	43,0	Dura
	Baja	75	73	48,8	Dura
Época	Naranjo	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Grados Hidrométricos	Valoración Agua
Seca	Alta	65	50	36,9	Dura
	Media	79	38	35,4	Dura
	Baja	85	40	37,7	Dura
Iluviosa	Alta	58	40	31,0	M DURA
	Media	74	36	33,3	Dura
	Baja	78	45	38,0	Dura
Seca	Alta	85	50	41,9	Dura
	Media	89	63	48,2	Dura
	Baja	91	64	49,1	Dura
	Guayapa	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Grados Hidrométricos	Valoración Agua
Seca	Alta	56	49	34,2	Dura
	Media	75	50	39,4	Dura
	Baja	86	52	42,9	Dura
Iluviosa	Alta	60	35	29,4	M DURA
	Media	70	54	39,7	Dura
	Baja	89	47	41,6	Dura
Seca	Alta	85	50	41,9	Dura
	Media	76	70	47,8	Dura
	Baja	90	68	50,5	Dura
	Copinula	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Grados Hidrométricos	Valoración Agua
Seca	Alta	60	45	33,5	Dura
	Media	89	26	33,0	Dura
	Baja	78	43	37,2	Dura
Iluviosa	Alta	55	43	31,5	M DURA
	Media	65	50	36,9	Dura
	Baja	67	56	39,8	Dura
Seca	Alta	75	59	43,1	Dura
	Media	85	67	48,9	Dura
	Baja	96	72	53,7	Dura

Fuente: Elaboración propia

## **7.4 Parámetros Biológicos –Microbiológicos**

### **7.4.1 Oxígeno disuelto (OD) mg/l**

La figura 40, presenta la concentración de oxígeno disuelto del Río Cara Sucia, en las tres épocas, sus valores oscilan entre valores máximos de 8.6-5.6 mg/l.

Los valores típicos de agua de río para oxígeno disuelto son, de 3-5.0 mg/l (Ramos, 2002). Sin embargo el río Cara Sucia, presenta valores superiores. Los valores admisibles para agua potable según la norma de calidad Salvadoreña es de 4 a 6.5 mg/l de O<sub>2</sub>.

Durante el monitoreo realizado en la época seca, donde los valores de OD fueron de 5.6 mg/l en la parte alta, 6.0 mg/l en la parte media y 5.0 mg/l en la parte baja; el río Cara Sucia presenta valores aceptables que están dentro del rango adecuado para aguas, con una buena oxigenación para la vida acuática. La temperatura influye en la disminución de valores de OD; un aumento de temperatura puede llegar a desoxigenar un cuerpo de agua en un alto porcentaje (Roldan, 2008).

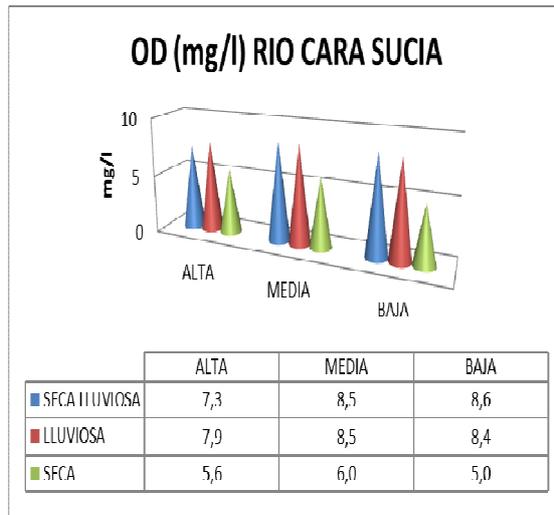


Figura 40 Oxígeno Disuelto (OD) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

La figura 4,1 representa valores de oxígeno disuelto para el Río El Naranjo. Los valores de OD están en máximos de 8.6 y mínimo 6.12 mg/l de O<sub>2</sub>. Estos valores se ven influenciados por las temperaturas, y por la hora de muestreo, sin embargo están en el rango de un agua clasificada como aceptable para la vida acuática; que es de 4.1 a 7.9 mg/l por lo que es adecuada para vida acuática (Ramos, 2002).

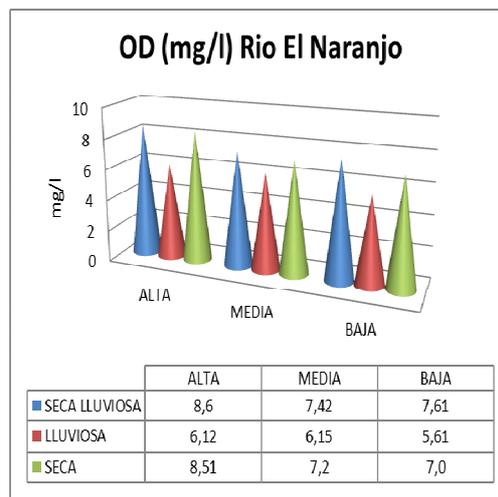


Figura 41 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

La figura 42, representa valores de oxígeno disuelto para el Río Copinula. Los valores de OD están en máximos de 8.6 y mínimo 5.61 mg/l de O<sub>2</sub>. Estos valores se ven influenciados por las temperaturas y por la hora de muestreo, sin embargo están en el rango de un agua clasificada como aceptable para la vida acuática; ya que su rango es de 4.1 a 7.9 mg/l por lo que es adecuada para vida acuática; aunque existen algunos puntos que se pueden considerar no aptos para uso doméstico si nos regimos por el valor permisible de 4-6.5 mg/l para aguas potables.

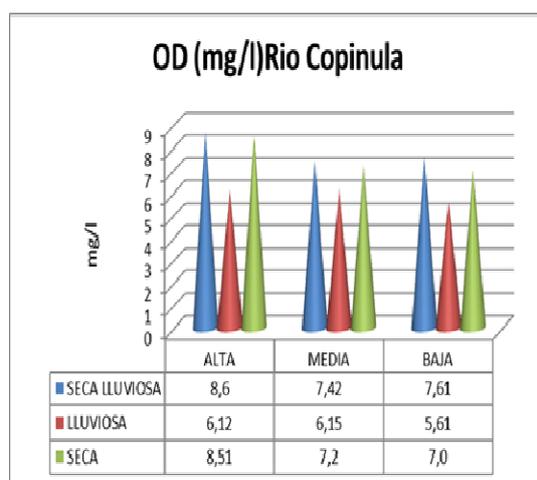


Figura 42 Oxígeno Disuelto (OD) (mg/l) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

La figura 43, representa valores de oxígeno disuelto para el Río Guayapa. Los valores de OD están en máximos de 9.6 y mínimo 7.5 mg/l de O<sub>2</sub>. Estos valores se ven influenciados por las temperaturas y por la hora de muestreo, estos valores son los más altos en cuanto a OD y son los adecuados para uso doméstico y para la vida acuática.

En general, los cuatro ríos presentan una buena oxigenación para el desarrollo de vida acuática; la vida acuática necesita oxígeno para sus procesos fundamentales, un ecosistema saludable, tiene alrededor de 7.0 mg/l, según las normas de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), que también establece 5.0 mg/l de OD para los peces

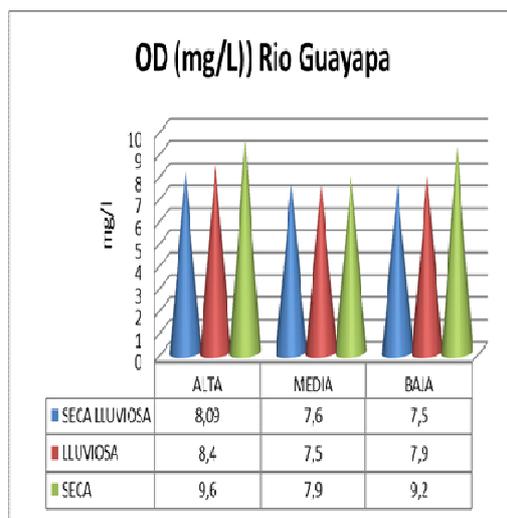


Figura 43 Oxígeno Disuelto (OD) mg/l registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

#### 7.4.2 Análisis microbiológico del agua número más probable de Coliformes Fecales (NMP/100 ml)

Las figuras. 44, 45, 46 y 47, corresponden a las gráficas de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Copinula y Guayapa respectivamente y representan los valores de Coliformes fecales encontrados en las muestras tomadas en cada punto.

Los cuatro ríos presentan contaminación microbiológica, unos en mayor escala que otros por lo que se puede afirmar que son aguas no aptas para consumo humano, sus valores sobrepasan los límites aceptables de 400 Coliformes por 100 ml. De acuerdo a las normas de calidad de la Organización Mundial de la Salud (OMS) el agua potable debe de estar libre de Coliformes fecales.

Los datos más altos se dieron durante la época seca específicamente en la parte baja; para el Río Cara sucia comprende valores de 1000–7500 NMP/100 ml (figura 44) lo que hace del río Cara Sucia una fuente de agua extremadamente de baja calidad desde el punto de vista microbiológico, y le hace un agua no apta para el consumo humano. En segundo grado de contaminación microbiológica, está el Río El Naranjo (figura 45), con valores desde 1000-6000 NMP/100ml; en tercer grado el río Guayapa (figura 46), con valores de 500- 3000

NMP/100ml y por último el río Copinula, con valores de 300 – 3000 NMP/100 ml (figura 47). De acuerdo a estos resultados, el río Copinula es el menos contaminado microbiológicamente, específicamente en la parte alta del río. El sitio de muestreo de este punto fue entre la unión de ríos Los Apantes y Copinula.

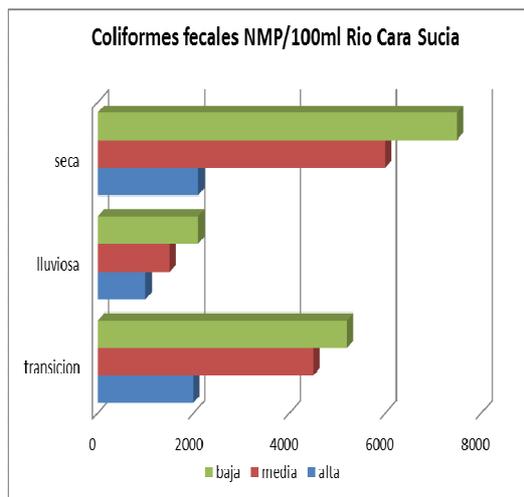


Figura 44 Coliformes Fecales NMP/100ml, registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Cara Sucia, San Francisco Menéndez Ahuachapán. 2005. UES Facultad Ciencias Agronómicas

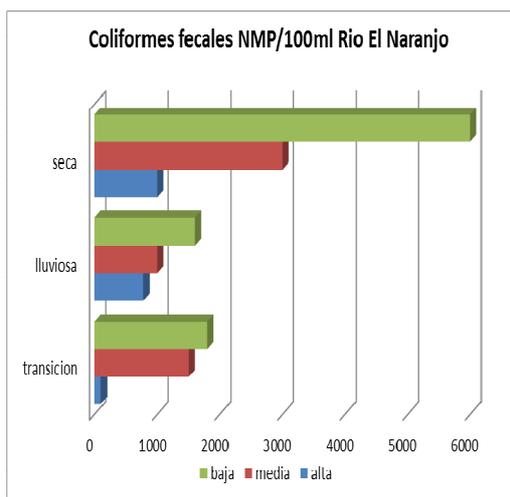


Figura 45 Coliformes Fecales NMP/100ml registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río El Naranjo San José El Naranjo, Jujutla Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

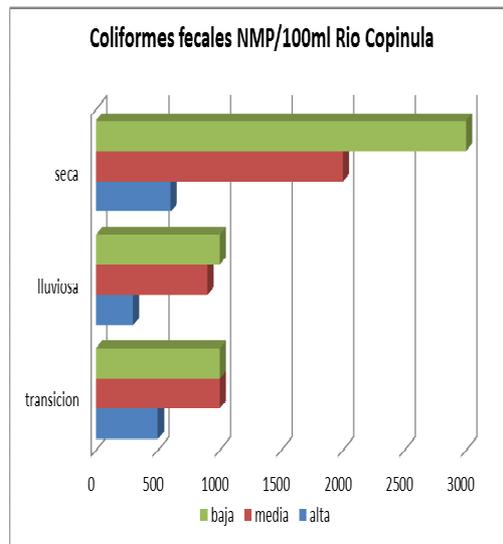


Figura 46 Coliformes Fecales NMP/100ml) registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo Río Copinula, Jujutla, Guaymango, Ahuachapán. 2005. UES Ciencias Facultad de Agronómicas

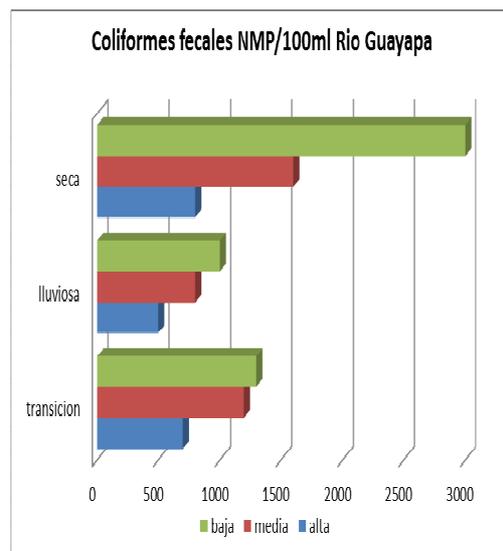


Figura 47 Coliformes Fecales NMP/100ml registrados en tres épocas del año y en tres puntos de muestreo del Río Guayapa, Jujutla, Ahuachapán. 2005. UES Facultad de Ciencias Agronómicas

En general el alto índice de contaminación microbiológica obedece, a que los habitantes de las diferentes comunidades carecen de letrinas, de acuerdo a los resultados obtenidos en el estudio socioeconómico. Generalmente hacen sus necesidades fisiológicas a la orilla de los

ríos. Según datos obtenidos el 90.9% ha observado que el agua de los ríos sirve de bebedero para ganado.

### 7.5 Caracterización de la calidad de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula en base a resultados físico-químicos y Biológicos

De acuerdo a los resultados físico-químicos y biológicos, los cuatro ríos no son aptos para consumo humano ni animal, aunque existen puntos medios de los ríos donde se puede utilizar el agua para usos domésticos o riego (cuadro 33).

Considerando los parámetros de conductividad eléctrica, las aguas se pueden clasificar con un riesgo de salinidad bajo (cuadro 32).

Y de acuerdo a la concentración de  $\text{Ca}^{+2}$ ,  $\text{Mg}^{+2}$  (Grados hidrométricos franceses) (cuadro 30), en algunos puntos altos y medios de los ríos, se clasifica el agua como medianamente dulces y medianamente duras (cuadro 31); por lo que se pueden utilizar para riego, en algunos puntos de muestreo de la parte alta y media; sin embargo en época seca no es recomendable para riego ya que se da un incremento en las concentraciones de iones  $\text{Ca}^{+2}$  y  $\text{Mg}^{+2}$ . De esta forma, las aguas se clasifican como “Duras”. Sin embargo por el grado de contaminación microbiológica (Coliformes fecales), no es recomendable el riego a cultivos de consumo directo como hortalizas, no así para productos básicos (maíz).

Cuadro 32 Clasificación de las aguas de riego basadas en la CE a 250C

Clasificación de las Aguas de Riego basadas en la $\text{CE}_a$ a 25 C		
Índice de Salinidad	$\text{CE}_a$ (ds/m)	Riesgo de Salinidad
1	<0.75	Bajo
2	0.75-1.5	Medio
3	1.5-3	Alto
4	>3	Muy alto

Fuente: Ávila, 1972

Cuadro 33 Caracterización de la calidad de agua de los ríos basados en los resultados Obtenidos.

Clasificación del agua superficial según su uso "Región Hidrográfica C Cara Sucia San Pedro Belén							
Río		Consumo Humano	Consumo Animal	Uso Domestico	Riego	Recreación	Vida Acuática
Cara Sucia	Alta	No	No	Si	Si	Si	Si
	Media	No	No	No	No	No	No
	Baja	No	No	No	No	No	No
El Naranjo	Alta	No	Si	Si	Si	Si	Si
	Media	No	Si	Si	Si	Si	No
	Baja	No	No	No	No	No	No
Guayapa	Alta	No	No	Si	Si	Si	Si
	Media	No	No	Si	Si	Si	No
	Baja	No	No	No	No	No	No
Copinula	Alta	No	No	Si	Si	Si	Si
	Media	No	No	No	No	No	No
	Baja	No	No	No	No	No	No

Fuente: Elaboración Propia

### 7.5.1 Aspectos sociales de las comunidades aledañas a los ríos

Los aspectos Sociales a considerar para el estudio de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula, son enmarcados en el tema de agua, para ver la participación de las diferentes instituciones en este tema, además del impacto que tiene este recurso en la salud de la población, que hace uso de estas fuentes naturales cuadro 34

Los cantones encuestados de los alrededores del río Cara Sucia son el Corozo, Los Encuentros, Cortijo y Garita Palmera. Los pobladores de esta región no están organizados en asociaciones; ya que el 78.9% manifiesta no pertenecer a ningún tipo de organización. Lo que dificulta el manejo de recursos tan importantes como es el agua. Y solamente el 8.1% pertenecen a Juntas de aguas.

El 21.1% que pertenecen a las ADESCOS, no tienen que ver con recurso agua; se organizan para ver otros aspectos sociales de la población

Cuadro 34 Resumen de Aspectos sociales de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006).

<b>Aspectos sociales de las comunidades aledañas a los ríos.</b>	<b>Río Cara Sucia</b>	<b>Río El Naranjo</b>	<b>Río Guayapa</b>	<b>Río Copinula</b>
Participación en Juntas de Agua	8.2%	9.0%	16.7%	15.2%
Servicios Básicos que poseen (agua, luz, teléfono).	73.7%	36.4%	33.3%	33.3%
Adolecen frecuentemente de enfermedades gastrointestinales y cutáneas.	39.8	27.3%	27.3%	41.70%
Frecuencia de visita por el promotor de salud cada dos semanas.	5.3%	18.2%	33.3%	25.0%
El río es la fuente de agua de la que se abastecen todo el año.	80.0%	72.7%	66.7%	88.3%

Fuente: Elaboración Propia, 2006.

De acuerdo a los miembros de las comunidades aledañas al río El Naranjo, hay poca participación de las habitantes en organizaciones relacionadas con el manejo sostenible del recurso agua. En cuanto a la organización, del total de los encuestados, el 9% pertenece a Junta de Agua y el 36.4% pertenece a las ADESCO. Sin embargo, según diagnóstico municipal realizado por CARE de El Salvador 2005; hay poca participación en el tema de manejo de recurso agua en cuanto a calidad.

Los pobladores de las comunidades aledañas a Río Guayapa en su mayoría no pertenecen a ninguna organización; es poca la participación en organizaciones como ADESCOS, lo que dificulta el cuidado de los recursos naturales

De acuerdo a la información recopilada en el Cantón El Escalón del Municipio de Guaymango, no existe organización en esta comunidad que se ocupe de velar por el recurso agua; sin embargo existe información proporcionada por organizaciones como UICN-BASIM, PRISMA, y otras ONG que se involucraron en año 2004 en levantar información de la subcuenca del Río Copinula al proyecto “Acceso, Gestión y Uso Racional del Agua”.

## **1. Acceso a servicio básico**

Los cantones aledaños al Río Cara Sucia, cuentan con servicio básico como: luz, agua potable. Un 26.3% no cuentan con servicio básico, lo que incrementa su deficiencia en calidad de vida.

El acceso a servicios básicos, es bastante bajo en los alrededores del río El Naranjo, solo un 36.4% de los encuestados, cuentan con todos los servicios básicos; como es agua potable, energía eléctrica y teléfono. Según las encuestas, solo un 18.2% cuentan con energía eléctrica. Salvanatura en su informe de "Plan de manejo Microcuencas" reporta que existen más de un 50% de cantones sin cobertura de servicios básicos, lo que hace más difícil los medios de vida para estas comunidades (Díaz, 2004).

En los cantones de los alrededores del río Guayapa, un 33.33% cuenta con servicios básicos, del porcentaje encuestado el 66.7% no cuentan con ningún servicio.

El 66.7% de la población encuestada de los alrededores del Río Copinula, cuenta tan solo con el servicio de energía eléctrica, careciendo del resto de servicios básicos como agua potable o domiciliario, teléfono, acceso a calles o tren de aseo.

## **2. Enfermedades más frecuentes**

Las enfermedades más comunes son las gastrointestinales y cutáneas los datos recopilados con los pobladores aledaños al río Cara Sucia, manifiesta que el 39.8% padecen de estas enfermedades.

De los pobladores aledaños al río El Naranjo, el 27.3% padecen de enfermedades gastrointestinales y cutáneas, seguida de las bronco respiratorias con un porcentaje de 27.3% para los tres casos. Según PRISMA el agua y la salud son dos dimensiones inseparables de la población. (Artiga, 1999).

La calidad del agua condiciona la calidad de la vida de la población (OMS-OPS, 1999).

Estudios de la Facultad de Medicina de la Universidad de El Salvador (1998), afirman que la situación de la calidad del agua que consume la población, está fuertemente vinculada, con la tendencia creciente de casos de enfermedades de origen hídrico, lo cual obviamente tiene una relación mucho más directa con la población que carece del servicio de agua potable.

FUSADES, estimó que casi 12,000 niños mueren cada año, como resultado de enfermedades diarreicas evitables, ocasionadas por la conjugación de varios factores, entre los cuales están: ingerir aguas contaminadas, malas condiciones de higiene, consumo de alimentos contaminados, y la falta de un sistema de recolección y tratamiento de aguas negras y desechos sólidos (FUSADES, 1997).

Las enfermedades más frecuentes de la población aledaña al río Guayapa son las gastrointestinales y cutáneas especialmente en la población infantil. El 27.3% es afectada por estas enfermedades. Otras enfermedades más frecuentes y destacadas en la comunidad son las bronco respiratoria ya que ambas se reportan en un porcentaje de 27.3%. Según datos reportados por FUSADES (1997) 12,000 niños mueren cada año como resultado de enfermedades gastrointestinales ocasionadas por varios factores entre los cuales el consumo de aguas contaminadas es de gran relevancia.

En los alrededores del río Copinula el 41.7% sufre de enfermedades gastrointestinales, seguida de las bronco-respiratorias y algunas cutáneas como prurito o úlceras, enfermedades que se pueden relacionar de origen hídrico. Según el informe proporcionado por el “Plan de Desarrollo Territorial para la Región de Sonsonate” reporto que las principales causas de mortalidad en Ahuachapán Sur en el 2003, se destacó la DIARREA como un problema que produjo elevados porcentajes de afectados en la mayoría de municipios, posicionándoles entre las más altas incidencias en la región. Dicha enfermedad tiende a ser de origen hídrico y es prevenible con educación”. Se cuenta con una Unidad de Salud en el municipio de Guaymango, pero debido a la distancia no es muy frecuentada por los pobladores de los cantones.

### **3. Frecuencia de visita por el promotor de salud**

La visita del promotor de salud, es menor en las poblaciones aledañas al río Cara Sucia, a un 5.3% se la población los visita cada dos semanas, ya que el resto de la población frecuentan más los puestos de salud del municipio San Francisco Menéndez.

De acuerdo a las encuestas a los pobladores aledaños al río El Naranjo, un 63.6 % de la población de esta zona, manifiestan ser visitada por el promotor de salud por lo menos una vez al mes, lo que indica poca asistencia para controlar la salud de la población.

Las encuestas y entrevistas realizadas, reportan que las visitas se enfocan en asesorías en cuanto a los cuidados higiénicos, y de esterilización de agua para bebida, de la que se abastecen las comunidades en este caso de las aguas superficiales del río El Naranjo. Y 18.2% manifiestan que al menos cada dos semanas reciben la visita del promotor de salud.

El 66.7%, de la población de los cantones Guayapa Arriba (hoja de sal) y Santa Catarina son visitados por el promotor de salud al menos una vez al mes, y un 33.33% afirman que son visitados dos veces por semana; sin embargo, esas visitas no son suficientes para las diferentes necesidades de salud presentadas por la población; ya que solo se limitan a dar asesoría, en cuanto a cuidados que deben tener con la ingesta de alimentos sanos y descontaminación de agua para beber.

La frecuencia, con que los pobladores son visitados por el promotor de salud es poca ya que solo realiza las visitas una vez al mes; lo que demuestra que hay poca asistencia de salud a la población aledaña al río Guayapa.

El 25% de los pobladores aledaños al río Copinula, son visitados cada dos semanas por el promotor de salud, y un 75% son visitados por promotores de salud, al menos una vez al mes, cuya finalidad es dar asesoría en cuanto a cuidados higiénicos, para prevenir enfermedades gastrointestinales.

#### **4. Fuente de agua de la que se abastecen todo el año**

Los pobladores aledaños al río Cara Sucia cuentan con servicio de agua domiciliar, sin embargo, siempre hacen uso del agua del Río para actividades como lavar y bañarse ya que el costo del agua domiciliar que llega a las viviendas es muy alto. Las encuestas manifiestan que el 80% de la población encuestada hacen uso del río

En cuanto al uso del agua, el 72.7% de las familias que habitan alledañas a las riveras del río El Naranjo, hacen uso del agua del río directamente. Según el PNUD (2001) los hogares rurales, se abastecen de fuentes directamente relacionadas a la disponibilidad de agua superficial, ya sean de manantiales o ríos.

Según informe del “Departamento de Estudios Económicos y Sociales de FUSADES”2001, reporta que de las fuentes de obtención de agua, casi la mitad de la población rural la recibe por cañerías, ya sea dentro de su casa o en un chorro público y el resto, de ríos, manantiales y pozos.

De acuerdo a la información de la población el río El Naranjo es utilizado durante todo el año, ya que es la única fuente de agua con la que cuentan las comunidades alledañas a la ribera del río tanto en época seca como lluviosa, aun cuando en época seca, se ven disminuidos sus caudales y el uso y extracción de agua se ve limitado.

Sin embargo en esa época seca quedan pequeñas escorrentías, cercanas al río que son aprovechadas por los habitantes de las comunidades. De acuerdo a datos proporcionados por el SNET, los caudales de los ríos varían en todas las épocas del año, presentándose una marcada disminución en el mes de mayo, que es el último mes de transición de la época seca-lluviosa.

El uso del agua del río Guayapa, es muy importante para la población alledaña al río pues es la fuente de la que se abastecen, con un 66,7% que la usan, durante todo el año, en época lluviosa y seca aunque en época seca disminuye su caudal, pero los pequeños afluentes que quedan son aprovechados por los pobladores.

El agua del río, la usan para todas las actividades domésticas (Lavar ropa, bañarse, lavar platos, cocinar y hasta para beber). Algunas de estas actividades las realizan directamente en el río, otras las realizan trasladando el agua a sus viviendas.

El 41.7%, no le dan ningún tratamiento previo al agua para usarla, a excepción de un 25% que afirma que para beberla la hierven y otros le agregan puriagua (Cloro).

En la región del río Copinula, no se cuenta con servicio de agua domiciliar, el único acceso al agua es a través de recursos naturales como el Río Copinula, donde el 88.3% se abastece de esta fuente, otras familias además del agua del río cuentan con pozo, que es un 41.7%. Estas familias combinan el uso del agua del pozo con la del río.

Según datos de la OMS (Ginebra 2003), la cantidad de agua que se provee y que se usa en las viviendas, es un aspecto importante de los servicios de abastecimiento de agua domiciliaria, que influye en la higiene y por lo tanto en la salud pública.

El agua del río la utilizan durante las dos épocas del año, tanto lluviosa como seca, aunque en esta última época los caudales del río se ven disminuidos; sin embargo quedan pequeños cauces o pequeños nacimientos de donde se abastecen de agua.

El río Copinula, es una fuente natural muy importante para los pobladores de la región, ya que los datos demuestran, que hacen uso de esta fuente durante todo el año, aun en la época seca, cuando sus cauces se ven notablemente disminuidos.

Esta disminución de cauces afecta al ecosistema, y la calidad del agua se ve disminuida ya que la autodepuración natural del río se ve disminuida.

Según datos proporcionados por UICN (2005), del río Copinula se extraen 5, 503,255.90 m<sup>3</sup>, 21,049.12 horas de riego para 253.40 ha.

En general Los ríos sufren variaciones en su caudal, que aumenta en las estaciones lluviosas.

### **7.5.2 Aspectos Ambientales**

Los aspectos ambientales retomados en este estudio tienen relación directa con el grado de contaminación de los ríos en estudio, y se relacionan con las actividades y prácticas que los pobladores realizan cotidianamente (cuadro 34).

El 50% de la población encuestada aledaña al río Cara Sucia cuentan con letrina de tipo abonera, un 30% no cuentan con letrina y el otro 20% poseen otro tipo de letrina.

El 54.5% de la población aledaña al río El Naranjo, cuentan con letrinas de tipo abonera y el resto letrinas de fosa sin embargo según el informe de CONSORCIO CARE PROYECTO DE AGUA( 1996) afirman que en el área rural existen hogares sin letrina, así como también letrinas sin mantenimiento y una estructura inadecuada.

A los alrededores del río Guayapa, solo el 45% cuentan con letrinas aboneras el 55% restante no poseen ningún tipo de letrina; lo que hace que los pobladores que carecen de letrina, defequen a la intemperie, y en su mayoría lo hacen cerca del río.

Cuadro 35 Resumen de aspectos ambientales de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C” Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006)

Aspectos Ambientales de las comunidades aledañas a los ríos.	Río Cara Sucia	Río El Naranjo	Río Guayapa	Río Copinula
Cuentan con letrina tipo Abonera	50%	54.5%	45.0%	66.7%
Uso de detergentes directamente en río para el lavado de ropa	85%	72.0%	65.9%	58.0%
Falta de presencia Institucional que supervise las fuentes de aguas naturales.	95%	90.9%	92.0%	91.5%
Uso de Agroquímicos por parte de los agricultores de la zona aledaña a los ríos	78.2%	63.6%	66.7%	58.3%
Hacen mal manejo de desechos sólidos.	98%	54.5%	75%	85.2%
Realizan el lavado de recipientes de uso agrícola directamente en el río	74.9%	63.0%	75%	74.2%

Fuente: Propia 2006

En los cantones aledaños al río Copinula, el 66.7% de las familias cuentan con letrinas aboneras, las cuales fueron construidas con el apoyo de instituciones como CARE, sin embargo no son utilizadas para la finalidad con que fueron construidas.

### 1. Uso de detergentes o productos de limpieza

En los cuatro ríos en estudio se realiza el lavado de ropa directamente en el río, lo que conlleva el uso de jabones y detergentes.

De acuerdo a las encuestas, los jabones y detergentes utilizados son seleccionados por los usuarios por su precio y efectividad de limpieza; un promedio del 70.2%, dice utilizar

detergente para el lavado de ropa directamente en el río, donde el mayor porcentaje lo reportan los usuarios del Río Cara Sucia, con un 85% y en menor porcentaje se reporta en el río Copinula con una 58%.

Según estudios de calidad de agua realizados por el SNET (2004) reportan que la formación de espumas, Inhiben o hacen lento el proceso de oxidación. Un contenido de 30 mg/l de detergentes inhibe totalmente la actividad de bacterias celulíticas, alteran el olor y el sabor de las aguas de consumo público.

## **2. Instituciones que supervisan las fuentes de aguas superficiales**

Los resultados de las encuestas, demuestran que no existen Instituciones que supervisen el uso y manejo de los ríos, ya que de la población encuestada, un promedio del 92.3% opina que el agua se usa sin restricciones de uso y manejo; realizándose prácticas de uso inadecuadas, que atentan contra las fuentes de aguas naturales.

## **3. Uso de agroquímicos.**

Todos los encuestados manifiestan que la mayoría utilizan abonos y fertilizantes de tipo inorgánico, y ninguno aplica productos orgánicos. Esta práctica garantiza el rendimiento de una buena cosecha, sin percatarse del efecto que esto hace a las fuentes de aguas superficiales y subterráneas.

El mayor porcentaje en cuanto a uso de agroquímicos lo reporta la población del río Cara Sucia con un 78.2%, seguido del río Guayapa con 66.7, luego el río El Naranjo con 63.6% y en menor porcentaje río Copinula con 58.3%.

De acuerdo a estudios realizados por Proyecto Agua, 1999, en este municipio se reporta que la producción agrícola ha introducido utilización de diversos tipos de pesticidas tales como Gramoxone, Hedonal, Tamarón 600, Gesaprim, Volatón, Folidol, Marshall, Gaucho, Lannate, Caracolicida y Phostoxin, así como también fertilizantes entre los que se utilizan: 15-15-15 ,16-20-0; Urea, Sulfato de Amonio y en pequeña escala abonos foliares.

Es de hacer notar que la mayoría de los químicos agrícolas utilizados en El Salvador han sido restringidos en los países desarrollados inclusive en los que son producidos; debido a la peligrosidad e impacto negativo en el medio ambiente (CARE, 2004).

#### **4. Manejo de desechos sólidos**

Los resultados de las encuestas, confirman que los pobladores aledaños a los Ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula, carecen de servicio de recolección de basura, por lo que cada uno de ellos, le da el destino que mejor le parece a la basura que sacan de sus viviendas, ya sea que la queman, la entierran o simplemente la tiran; esto demuestra que las zonas rurales carecen de servicio de recolección, por lo que la población busca el destino de los desechos que salen de los hogares. En los recorridos realizados a los ríos, se observa mucha basura en las orillas y dentro del río, especialmente en las partes bajas de los ríos en estudio.

El tipo de basura encontrada a la orilla de los ríos es vidrios, compuestos orgánicos, metales, plásticos entre otros; lo que concuerda con la información recolectada en las encuestas, con respecto al tipo de basura que la población genera en sus viviendas.

#### **5. Lavado de recipientes agrícolas directamente en el río**

En promedio el 71.85% de la población, afirma que han observado más de alguna vez, personas lavando bombas de mochilas, o recipientes de uso agrícola, directamente en los ríos o a las orillas. Además que el 90.9%, ha observado que el agua de los ríos, sirve de bebedero para ganado. Lo que suma a las fuentes de contaminantes químicos, que contaminan las fuentes de aguas naturales, ya sea directamente o por escorrentía,

#### **7.5.3 Aspectos Económicos.**

En los aspectos económicos se consideran las actividades a las que se dedican los pobladores de las zonas aledañas a los ríos en estudio, y les generan un ingreso económico para la sostenibilidad familiar (cuadro 36).

Los datos reflejan que la agricultura es la principal actividad a la que se dedican en la zona, por lo que es de donde se fundamenta su economía familiar.

Cuadro 36 Resumen de aspectos económicos de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C”-Cara Sucia San Pedro Belén Ahuachapán (2006).

Aspectos Económicos	Río Cara Sucia	Río El Naranjo	Río Guayapa	Río Copinula
Agricultura es la principal actividad económica a la que se dedican.	75.3%	63.6%	58.3%	58.3%
Comercio es la principal actividad a la que se dedican	23.5%	36.4%	8.3%	8.3
Granos Básicos son los principales productos cultivados en la zona	89.2%	81.8%	90.0%	95.0%
Tiempo empleado para abastecerse de agua diariamente es de 30-60 minutos.	65.3%	63.6%	75%	85.0%

Fuente: Elaboración Propia, 2006

### 1. Principal Actividad económica de las comunidades

Las principales actividades que realizan los pobladores de la zona en estudio, se encuentran resumidas en el cuadro 36. Siendo la principal actividad, la agricultura; reportando en la zona de Cara sucia un porcentaje de 75.3%, El Naranjo un 63.6% y el Guayapa y Copinula un 58.3%. La diferencia de esta principal actividad, es el comercio en las diferentes comunidades.

Existe una alta dependencia de los recursos naturales, como es el suelo y especialmente el agua de fuentes naturales, para fines de riego, sobretodo en la época seca.

### 2. Principales productos cultivados en la zona

Los principales productos cultivados en la zona son granos básicos (maíz, frijol) y en segundo lugar cultivo de hortalizas.

Los cultivos que los pobladores siembran en la zona de río El Naranjo son granos básicos, como es maíz y frijol. De acuerdo a la información se determino que el 81.8% se dedican a estos cultivos y una minoría que corresponde al 18.2% lo hace con hortalizas.

De acuerdo a esta información se puede afirmar, que el mayor uso del suelo, es para cultivos que requieren de fertilización, para obtener un mejor rendimiento. Además, de la necesidad de riego que requieren estos cultivos en la época seca.

Datos proporcionados por Plan de Desarrollo Rural Región Sonsonate (2008), mencionan que el agua del río Copinula se utiliza para regar 225 manzanas de hortalizas, granos básicos y café

### **3. Tiempo empleado para abastecerse de agua diariamente**

Los datos de las encuestas demuestran que para abastecerse de agua las personas de las comunidades emplean de 30 a 60 minutos diarios; ya sea para transportar agua a sus viviendas o lavar directamente en el río. Según una encuesta realizada por la fundación salvadoreña FUSADES, las familias que no cuentan con acceso al recurso agua, dedican en promedio, el 8.5 por ciento de su tiempo productivo acarreado agua; mientras que aquellos con conexión domiciliaria dedican el 4.9 por ciento de su tiempo. (FUSADES 2004)

En las poblaciones aledañas al río Copinula, el 75% de la población encuestada emplea diariamente de 30-60 minutos para abastecerse de agua; sin embargo los días que van a lavar al río pasan más de dos horas en esa actividad. Generalmente esta actividad la realizan las mujeres y los niños. En la conferencia Internacional del agua. 2001, BONN, Alemania; se afirma que en las áreas rurales, las mujeres tienen que recorrer grandes distancias para conseguir agua, en ocasiones emplean de 4 a 5 horas en esa actividad.

### **VIII Conclusiones.**

- Los caudales de los ríos Cara Sucia, El Naranjo, Guayapa y Copinula de la Región Hidrográfica “C”, se ven drásticamente reducidos en la época seca, por la extracción del agua para el uso doméstico de las comunidades aledañas a las riveras de los ríos, actividades agrícolas y de otra naturaleza de la zona, limitando su capacidad de autodepuración, velocidad de re oxigenación y oxidación de los contaminantes vertidos a los mismos.

- El uso directo del agua de los ríos para actividades domésticas y agrícolas utilizando detergentes; como lavado de ropa, utensilios de cocina, equipo agrícola, vehículos entre otros, afecta los valores óptimos de pH, Oxígeno disuelto, Conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, disminuyendo su calidad física y generando contaminación con sulfatos, cloruros, y dureza en las aguas
- Las diversas actividades humanas, agrícolas y ganaderas como también el vertido de aguas residuales o domésticas de las comunidades, aledañas a las riberas de los ríos en estudio, contaminan las aguas con Coliformes fecales, debido a la falta o mal uso de letrinas y el uso de los ríos como bebederos para el ganado, considerándola no apta para el uso humano. Además; la contaminación con fosfatos, nitratos y sulfatos, por el uso de fertilizantes, iones de calcio y magnesio, disminuyendo la calidad de las mismas y por lo tanto afectando la salud y economía de los usuarios. La contaminación es aún mayor en la época seca que en la época lluviosa.
- De los ríos en estudio, el río Copinula y El Naranjo, son los que más se utilizan para las actividades agrícolas en época seca; disminuyendo significativamente el caudal en la parte baja; 0.034 y 0.031 m<sup>3</sup>/s respectivamente, lo cual afecta a los usuarios y al área natural protegida del complejo Barra de Santiago; el río El Naranjo es el que tiene mayor caudal en la época lluviosa; 6.7 m<sup>3</sup>/s. El río más contaminado con Coliformes fecales y nitratos es el de Cara Sucia, 7500 NMP/100ml y 7.89 mg/l respectivamente, ambos en la parte baja y época seca.
- La disminución de los caudales y la calidad de las aguas de los ríos en estudio, limitan el uso para riego, consumo humano, recreación y afectan la vida acuática de los mismos.
- Las técnicas de muestreo de aguas, las cuales se caracterizaron por realizarla en tres diferentes épocas, tres puntos diferentes de muestreo, el manejo adecuado de la muestra y el análisis inmediato en el laboratorio, permiten la obtención de resultados confiables.

- El análisis de los resultados del laboratorio, utilizando diferentes normas de calidad establecidas por organismos nacionales e internacionales; permitieron clasificar de forma más integral la calidad de las aguas de los ríos en estudio
- En la Región C, existen diferentes proyectos que promueven el desarrollo de economías locales, pero éstos no capacitan a los productores, sobre el manejo adecuado del agua y tampoco sobre la normativa legal vigente para la protección de los recursos naturales.
- En las zonas aledañas a los ríos en estudio, desde la parte alta hasta la parte baja, existen comunidades rurales y urbanas, que dependen social y económicamente del caudal y calidad de las aguas, por lo que estos resultados deberán promover acciones que permitan un uso sostenible de los ríos.

## **IX. Recomendaciones**

- Los diferentes actores que trabajan en La Región Hidrográfica “C” de El Salvador, deberán trabajar en forma coordinada para implementar programas de capacitación y concientización y medidas de carácter legal a los agricultores y comunidades aledañas a las riberas de los ríos en estudio, sobre el uso racional del agua y así evitar la extracción desmedida y contaminación de las mismas.
- El gobierno central y los gobiernos locales, deberán ejecutar diferentes programas de educación ambiental y proyectos de construcción de letrinas, lavaderos públicos, plantas de tratamientos de aguas y redes de distribución de agua potable para los usuarios directos de las aguas de los ríos en estudio.
- Implementar medidas de control ambiental, para disminuir la contaminación de los ríos en estudio.
- Ejecutar programas de capacitación, para los agricultores sobre prácticas y obras de conservación de suelos y agua, con el propósito de disminuir los problemas de erosión de las tierras agrícolas, debido al mal uso y cambio de potencial del suelo.

- Implementar la construcción de pozos de absorción a nivel urbano y rural, como una alternativa de solución a las aguas servidas o grises, que son vertidas a los ríos y quebradas, afectando la calidad biológica del agua para consumo humano.
- Gestionar e impulsar proyectos encaminados a la diversificación agrícola con el fin de mejorar la dieta alimenticia de los habitantes y generar mayores ingresos económicos a los agricultores.

## X. Bibliografía

Andreu Moliner, E. y Camacho González, A. (2002). Recomendaciones para la toma de muestras de agua, biota y sedimentos en humedales Ramsar. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, Spain. 226 pag.

APHA; AWWA; WEF (American Public Health Association, American Water Works Association, Water Environment Federation, US). 1999. Standard methods for the examination of water and waste water. Method 2130 A-B/1995

APHA, AWWA, WPCF, 1992. Standard Methods for the Examination of water and Wastewater. 19ª. Edición. U.A. <http://www1ceit.es/asignaturas/Ecología/Hipertexto/11Cagua/130Ríola.htm>

Argüello, Roberto (1998). Bases para un plan de agua y saneamiento en El Salvador. OPS/OMS. El Salvador.

Artiga, Raúl y Rosa, Herman (1999). La reforma del sector hídrico en El Salvador: Oportunidad para avanzar hacia la gestión integrada del agua. PRISMA No. 38. San Salvador.

BASIM/UICN, 2005 Aproximación a la Valoración Económica del Agua en la zona Sur de Ahuachapán, El Salvador 1ª edición San José Costa Rica UICN. Oficina Regional para Mesoamérica 36 pág.

BASIM/UICN 2004. Análisis de Actores de la Región Hidrográfica Cara Sucia-San Pedro Belén Ahuachapán, El Salvador.

BASIM, 2006 Prácticas Socioculturales sobre el Agua en el sur de Ahuachapán, El Salvador, C.A.

Berganza T Jenny M 2002, Tesis "Propuesta metodológica para la creación y operación de organismos de cuencas en la subcuenca del Río Cara Sucia", El Salvador Turrialba, Costa Rica FAO, 1999

Buscarons F. 1986. Análisis Inorgánico Sistemático. Editorial Reverte S.A. Barcelona España

Campos Gómez Irene. 2000. Saneamiento Ambiental .1ª edición San José Costa Rica Editorial Universidad Estatal a Distancia

Carrasco J.A Lázaro .1988 Calidad Química y Contaminación de Aguas Subterráneas en España

Castellanos Ramos Pedro, 2007. Uso Eficiente y Sostenible de los Recursos <naturales 1ª edición editorial Universitaria de Salamanca.

CATIE, Guatemala (Guatemala). Proyecto Regional de Manejo de Cuencas. Memoria. Turrialba (Costa Rica), 1987, p.180-193. Serie Técnica.'CR-PMIRN 40589 BLANDON, O. Departamento de Manejo de Cuencas Hidrográficas IRHE - Panamá.

Chapman and Hall 1992. Fundamentals of weather and climate. Robin McIlveen, No. of Pag:497. (London).

Consorcio CARE.1996 Proyecto Agua Acceso y Uso Racional. Pág. 21.El Salvador.

Consorcio CARE-SACEL-FUNDAMUNI-SALVANATURA, 1999 Proyecto Agua "Acceso, gestión y uso racional del agua". Plan de manejo de la micro cuenca del río Tapahuashuya, municipio de Guaymango, departamento de Ahuachapán.

Consorcio CARE, 2001. Proyecto de Agua Plan de manejo de la micro cuenca, municipio de Guaymango, departamento de Ahuachapán

CONACYT, 2007. NORMA SALVADOREÑA NSO 13.07.01:08. El Salvador

Da Ros Giuseppina. 1995. La Contaminación de Aguas en Ecuador. Editorial Iberoamericana. Quito Ecuador

Dajoz Roger, 2001. Tratado de Ecología,2ª Edición . Ediciones Mundi\_prensa, edición española. España.

Delgadillo Oscar.2010. Depuración de Aguas Residuales por medio de Humedales Artificiales .Cochabanba Bolivia BASIM, 2004.

Dinius, S. H., Design of an Index of Water Quality, Water Resources Bulletin,Vol. 23, No. 11, 1987, pp. 833-843.

EPA. 2006 Normas y Regulaciones de Calidad para Uso del Agua Vida Acuática. Esquivel O. 2007.Diagnostico Nacional de la Calidad Sanitaria de Aguas Superficiales de El Salvador. San Salvador. MARN.

FAO, 1996. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura. Descubrir el Potencial del agua para la Agricultura. Roma.

FAO, 1993 Prevención de la contaminación del agua por la agricultura y actividades afines, Santiago de Chile.

Franquet Bernis María, 2005. Cálculos Hidráulicos de las Conducciones Libres y Forzadas. 1ª edición. España.

Fernández J.A, Linares L, Ruiz F. 2006. Agua y Ciudad en el Ámbito Mediterráneo, España.

FUSADES 2004. Estudio de Calidad de agua en Sistemas de agua potable rurales en El Salvador.

FUSADES 1997. Fortalecimiento Social en Uso y Manejo de Aguas .El Salvador.

Galván Varo Pedro, Manuel Segura Beneyto, 2009. Curso de Manipulación de Agua de Consumo Humano. 1ª edición España.

González, M.; García, D. 1984. Desarrollo de un índice biológico para estimar la calidad de las aguas de la Cuenca del Duero. Asociación Española de Limnología. 1: p 263-272.

HACH. 2001. Manual de calibración de equipo portable de multiparámetros. Cat. N° 54650-18. Segunda edición. Estados Unidos.

Harris Daniel, 2007. Análisis Químico Cuantitativo. 3ª edición. Editorial Reverte. Barcelona. España.

Harris, D.C. (2006) Quantitative Chemical Analysis, 7ª. Edición, W.H. Freeman, Nueva York. Hernández Lucas, 2002. Introducción al Análisis Instrumental 1ª edición editorial Ariel S.A Barcelona-España.

Jiménez, F. 2004. La cuenca hidrográfica como Unidad de Planificación, Manejo y Gestión de los Recursos Hídricos. CATIE. Costa Rica

Lenntech. 2009. Agua residual & purificación del aire Holding B.V. TDS y conductividad eléctrica (en línea). Madrid, Sp. Consultado 02 dic.2009. Disponible en <http://www.lenntech.es>.

López Geta, 1987. Calidad Química y Contaminación de las Aguas Subterráneas en España. Editorial iberoamericana.

MAG1988, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Estudio de factibilidad técnica y económica del Proyecto de Riego Paz-El Rosario. Informe principal. Morrison Knudsen Engineers Inc. /Consultora Técnica S.A / Fondo Salvadoreño para Estudios de Pre inversión. pp. 168.

Manahan Stanley E., 2007 Introducción a la Química Ambiental .Editorial Reverte. La Habana 1ª Edición.

MARN - PNUD 1989 Estrategia Nacional de Diversidad Biológica. El Salvador, Centroamérica

MARN - PNUD 2000 Estrategia Nacional de Diversidad Biológica. El Salvador, Centroamérica. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San Salvador, El Salvador. 112p.

- MARN – CBM 2004 Estrategia de Gestión de Áreas Naturales Protegidas y Corredor Biológico Nacional. San Salvador. 41p.
- Miller J.N. y Miller J.C. (2002) Estadística y Quimiometría para Química Analítica, 4ª.ed., Prentice Hall-Pearson, Madrid.
- MINED, 2010 Proyecto de Censo en Sonsonate El Salvador Centro América.
- MINISTERÍO DE EDUCACIÓN (MINED), Dirección Nacional de Infraestructura Educativa de ordenamiento territorial (PNODT) “Proyección de la Población de El Salvador, 1995-2025”, El Salvador.
- \_\_\_\_\_,2008. Manual para la formación en medio ambiente. Editorial Lex Nova España.
- Mora Alvarado D. 2009. Agua.1ª edición San José Costa Rica
- Navarra, G. 2005. Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Santo Domingo.
- Norma oficial mexicana nom-112-ssa1-1994, "Salud Ambiental, Agua para Uso y Consumo Humano-Limites Permisibles de Calidad y Tratamientos a que debe Someterse el Agua para su Potabilización".
- OMS (Organización Mundial de Salud). 2006. Evaluación de los Servicios de Agua Potable y Saneamiento en las Américas. (En línea). Consultada 24 mar. 2009. Disponible en [http://www.cepis.ops-OMS.Org/eswww/eva\\_2000\\_salvador/informe.html](http://www.cepis.ops-OMS.Org/eswww/eva_2000_salvador/informe.html).
- OMS (Organización Mundial de Salud).2001. Guía para la Calidad de Agua Potable 1ª Apéndice Vol. 1.Pelczar / Reid /1989Chan Microbiología Editorial: ACRIBIA; S.A. Zaragoza – España.
- OPS/OMS (1994). Análisis del sector de agua potable y saneamiento.
- OPS (Organización Panamericana de Salud), 2008. Guía para la Calidad de Agua Potable 1 Vol. 3. Control de Calidad del Agua Potable en Sistemas de Abastecimiento para pequeñas Comunidades.
- Orozco, C.; Pérez A., González, M.N., Rodríguez, F., Alfayate, J., 2005 Contaminación Ambiental. Una visión desde la Química, Tercera Edición, Thomson Editoriales Spain Paraninfo, S, A.
- Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de los Recursos Hídricos (PLAMDARH).Documento Básico N° 10. Recursos y Demandas Potenciales en la Región Hidrográfica C.1981. p. 45.

PASOLAC, 2003 Experiencia de Pago por Servicios Ambientales (PSA) de la EMSAGUAT Municipio de Tacuba, El Salvador.

PASOLAC, 2006 Evolución de la experiencia de los PSA hídricos en El Salvador.

Prieto Bolívar, C Jaime, 2004, 280 páginas El Agua. sus Formas, Efectos, Abastecimientos, Usos, Daños, Control y su Conservación. Ecoediciones segunda edición Bogotá. Colombia.

PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación sobre el Desarrollo y el Medio Ambiente) 1994. El agua limite ambiental para el desarrollo futuro de El Salvador

PRISMA (Programa Salvadoreño de Investigación sobre el Desarrollo y el Medio Ambiente. 2001. La contaminación del agua en El Salvador:

PRISMA, 1981. El Salvador: Dinámica de la Degradación Ambiental. San Salvador, El Salvador.

Quinteros Núñez Margarito, 2006. Contaminación y Medio Ambiente en Baja California. Universidad Autónoma de Baja California. México.

Ramos Olmos Raudel, 2002. El Agua en el Medio Ambiente Muestreo y Analisis.Mexicali, Baja California.

Ramallo R.S, 1996. Tratamiento de aguas Residuales. Editorial Reverte S,A.España-

Ramos Castellanos Pedro, 2007. Uso Eficiente y Sostenible de los Recursos <naturales 1ª edición editorial Universitaria de Salamanca.

Rheinheimer Gerhard, 1987. Microbiología de las Aguas .Editorial Acriba. Madrid RED COCA (Control de la calidad de agua superficial) 2004. ICA España.pag.188.

Rigola Lapeña Miguel.1990. Tratamiento de Aguas Industriales y Residuales. Editorial Alfa Y Omega B. España.

Rodier J. 1999. Análisis de aguas... Editorial Omega. Barcelona.

Rudolf Klute, Hermann H. Hahn - 1994 Chemical Water and Wastewater Treatment: Proceedings of the 4th Gothenburg Symposium 1990, October 1-3, 1990, Madrid, Spain.Seminario Internacional sobre Calidad del agua para Consumo, Cali, ACODAL

Roldan Pérez Alfonso 2008. Bioindicadores de la Calidad de agua en Colombia.Editorial Universidad de Antioquia.

Roldan Pérez Alfonso.1992. Fundamentos de Limnología Neotropical 2ª edición Universidad de Antioquia.

Rojas, O., Índices de Calidad del agua en Fuente de Captación. Memorias Seminario Internacional sobre calidad del agua para consumo, Cali, ACODAL. 1991.

Rubio R. 1994.Evaluacion de Ecosistemas Acuáticos Contaminados. MAG/SEMA San Salvador, El Salvador.

Skoog A. Douglas. 2005. Principios de Análisis Instrumental. Sexta edición Editorial Learning. México.

SALVANATURA, 1993 Fundación Ecológica de El Salvador. Biodiversidad y Ecología de la Cuenca de la Barra de Santiago-El Imposible. Volumen II. Francisco Serrano et al (Eds.) APÉNDICES.

SALVANATURA, 2004 Fundación Ecológica de El Salvador. Biodiversidad y ecología de la cuenca San José, C.R.: UICN. Oficina Regional para Mesoamérica.

SNET / Servicio Hidrológico Nacional 2001). SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales SV). 2004. Evaluación de la contaminación del Río Acelhuate a través de la aplicación de un índice de calidad general durante el año 2003. SNET, San Salvador. sv. 8 p.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV). 2009. Evaluación de la contaminación del Río Acelhuate a través de la aplicación de un índice de calidad general durante el año 2003. SNET, San Salvador. sv. 8 p.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV).2005. Balance Hídrico. El Salvador. pág.93.

Seoanez Calvo M, 2002. Manual de tratamiento reciclado, aprovechamiento y gestión de las aguas residuales de las industrias agroalimentarias .Editorial Aedos Madrid España.

SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales, SV).2007. Diagnostico Nacional de Aguas Superficiales El Salvador pág. 25.

SNET 2007. Estudio de Calidad de las aguas superficiales en El Salvador

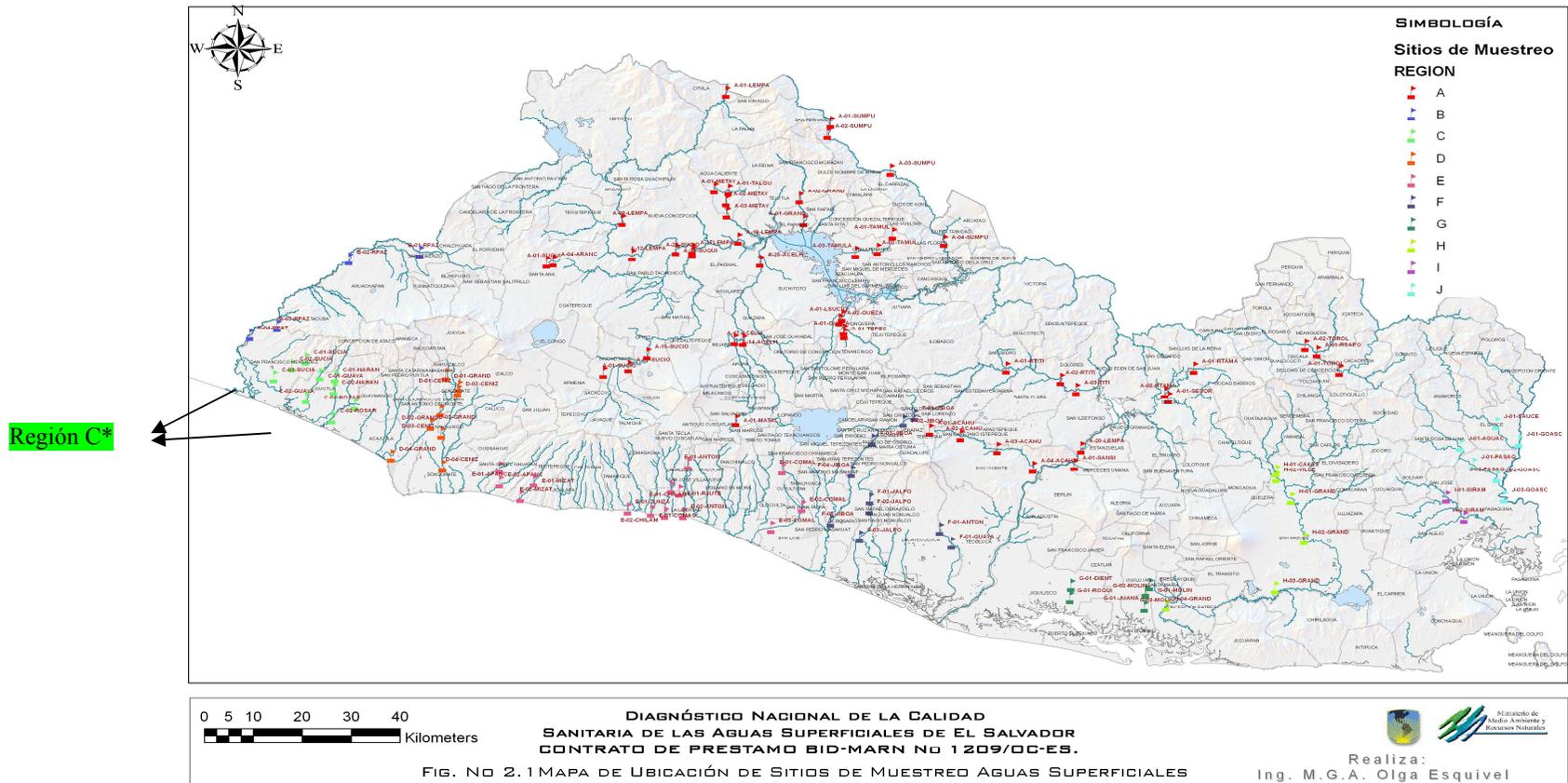
SEMA 1994 Sistema Salvadoreño de Áreas Protegidas. Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente.

Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring". Chapman & Hall, Londres, 1992

Weeber, JR. Walter J 1979. Control de la Calidad del Agua Procesos Físico Químicos. Editorial Reverte, SA.España.<http://omegailice.edu.mx>.

XI Anexos

.Anexo 1 Regiones Hidrográfica de El Salvador



Anexo 2 Resumen de Normas y regulaciones de calidad para uso de agua”.

Parámetros	Unidades	Concentraciones Máximas Admisibles					
		Vida Acuática	Agua Potable		Agua de Riego	Recreación	Agua de Vertido
		CMC (EPA)	EEC	CONACYT	FAO		CONACYT
Temperatura del ambiente	oC						
Temperatura del agua	oC			18.00 a 30.00			< de 5°C de diferencia con cuerpo receptor
pH	Unidad	6.5 a 9.00	6.2 a 8.5	6.0 a 8.5	6.5 a 8.4		5.5 a 9.00
Salinidad	ppm				700		
Conductividad eléctrica de Campo	µS/cm	No definido		1600			
Turbidez	NTU	No definido	4 JTU (no microbiológico)	1000	No definido	50	100 NTU
Oxígeno Disuelto (OD)	mg/L	3.00 a mas					
Clor				3			
Color	Pt.Co/L	20		15			
Sólidos Totales Disueltos (TDS)	mg/L	No definido		1000			
Sólidos Suspendidos(SS)	mg/L					25	
Carbonatos y Bicarbonatos	mg/L				8.5		
Alcalinidad	mg/L			250			
Dureza	mg/L		50.00				
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5)	mg/L						30 (aguas residuales)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg/L						60 (aguas domésticas)
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/L	No definido		1			
Nitrato	mg/L	10.00	50.00	10		<10	10
Nitrito	mg/L	10.00	0.10	1		<250	
Fosforo Total	mg/L	No definido	5.00	0.1			
Calcio	mg/L			75			
Magnesio	mg/L			50			
Sodio	mg/L		75 a 150	150			
Potasio	mg/L		12.00	10			
Cloro Residual Libre	mg/L			1.00**			
Cloruros	mg/L						
Sulfato	mg/L			250			400
Hierro	mg/L	1.00	0.20	0.3	5		5
Manganeso	mg/L	0.10	0.20	0.05	0.2		2
Boro	mg/L	0.01	1.00	0.3	0.75		1.5
Arsenico	mg/L	0.34	0.05	0.01	0.1		
Mercurio	mg/L	0.0014	0.001	0			
Selenio	mg/L	0.0000	0.01	0.01	0.02		
Cobre	mg/L	0.0130		1	0.2		

### Anexo 3 Encuesta para Estudio Socioeconómico

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS  
UNIDAD DE POSGRADO.

**ENCUESTA PARA RECABAR INFORMACION SOBRE EL USO DE FUENTES DE AGUAS SUPERFICIALES DE LOS RÍOS CARA SUCIA, GUAYAPA COPINULA Y EL NARANJO EN LA REGION HIDROGRAFICA CARA SUCIA-SAN PEDRO BELEN**

**INDICACIONES.**

Sr. (a). Residentes de la cuenca Cara Sucia-San Pedro, atentamente solicitamos de su colaboración para llenar esta encuesta, con la que se estará recolectando datos de las fuentes hídricas de los ríos más próximos a su vivienda.

Datos que se utilizaran para determinar la calidad de agua que se está utilizando. De antemano Gracias por su colaboración.

**CONDICIONES SOCIOECONOMICAS Y AMBIENTALES RELACIONADAS CON EL USO DEL AGUA SUPERFICIALES (RÍOS)**

Nombre encuestador: \_\_\_\_\_

No. de encuesta: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_ Hora: \_\_\_\_\_

Municipio: \_\_\_\_\_ Cantón: \_\_\_\_\_

**AREA SOCIOECONOMICA**

Existe alguna organización en su comunidad? Si No  
A cuál de ellas pertenece?

ADESCO Iglesia Sociedad de Regantes Otra.  
Especifique cual \_\_\_\_\_

Tiene acceso a servicios básicos: Si No  
Agua Energía eléctrica Teléfono público Celular  
Recolección de desechos sólidos

Cuáles son las enfermedades más frecuentes en la familia?  
Intestinales Bronco respiratorias Cutáneas Otra.  
Especifique cual: \_\_\_\_\_

Cuántas veces visita el medico por mes? (número de veces)  
1-3 veces al mes \_\_\_\_\_  
2-5 veces al mes \_\_\_\_\_  
Más de 5 veces al mes \_\_\_\_\_  
Ninguna vez por mes \_\_\_\_\_

Existe Unidad de Salud cerca de su comunidad?  Si  No

-El promotor de salud visita su hogar cada:

- Cada semana  Cada dos semanas  una vez al mes

-De que fuentes de agua se abastecen:

- Potable  Río  Cantarera  Pozo  Lluvia

-Que tratamiento previo le dan al agua antes de usarla?  Clorarla  Hervirla

Otra

- Cuanto tiempo emplea para abastecerse de agua diariamente?

- De 30-60  Una a dos horas  Mas de dos horas

-Existe alguna institución que supervise el uso y mantenimiento de los ríos?

- Si  No

- Si su respuesta es si cuales son las entidades

Ministerio de Salud  ANDA  Alcaldía  MARN

OTRA

Para que utiliza el agua de río ? (Puede marcar más de 1)

- Beber  Baño  Lavar Ropa  Lavar platos  Riego  Otro

Que utiliza para lavar? :  Detergente  Jabón  Otro

Lava directamente en el Río:  Si  No

-En que épocas del año utiliza más el agua de río.

Invierno \_\_\_\_\_

Verano \_\_\_\_\_

Todo el año \_\_\_\_\_

Que productos cultiva:

Hortalizas \_\_\_\_\_

Frijoles \_\_\_\_\_

Maíz \_\_\_\_\_

Frutales \_\_\_\_\_

Otro: \_\_\_\_\_

Que productos cultiva:  
Granos básicos \_\_\_\_\_, Hortalizas \_\_\_\_\_: Frutales \_\_\_\_\_

Que tipo de abonos o fertilizantes aplica a los cultivos:

\_\_\_\_\_anico \_\_\_\_\_ InorganicoOrg

B) AREA AMBIENTAL (puede ser consultada o por observación)

Que tipo de basura sacan a diario de su casa:

Vidrio      Orgánica      Pape      Metales      Plásticos

Existen recolección de basura en la comunidad: Si    No

Si no existe recolección de basura que hace con ella

Quema    Entierra    Otra.Cual \_\_\_\_\_

Cuales son las fuentes de contaminación del río que Ud. ha visto:

- Lanzamiento de basura.
- Descarga de agua de productos de agroindustria
- Descarga de productos de laq industria
- Lavado de recipientes
- Lavado de equipo
- Otro

Que tipo de basura ha observado a la orilla del río:

  Vidrio      Orgánica      Metales      Plásticos

  Otra

Cuentan con servicio sanitario?    Si    No

  Letrina abonera      Letrina de fosa

  Letrina de aguas negras      Otra: (cual)

## Anexo 4 Cuadros Socioeconómicos SPSS

### 4.1 Anexos de Resultados de Encuestas Aspectos Socioeconómicos-Ambientales del Río El Naranjo.

#### organizacion en la comunidad

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid ADESCO	4	36.4	36.4	36.4
Iglesia	2	18.2	18.2	54.5
junta de agua	1	9.1	9.1	63.6
otra organizacion	1	9.1	9.1	72.7
no pertenece a ninguna organizacion	3	27.3	27.3	100.0
Total	11	100.0	100.0	

#### Acceso a servicios básicos con que cuenta la comunidad (Río El Naranjo)

#### acceso a servicios basicos

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid energia electrica	2	18.2	18.2	18.2
todos los servicios	4	36.4	36.4	54.5
ningun servicio	5	45.5	45.5	100.0
Total	11	100.0	100.0	

Reporta datos de las enfermedades de mayor incidencia en la población de los cantones aledaños al Río El Naranjo.

#### enfermedades mas frecuentes en la comunidad

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid gastrointestinales	2	18.2	18.2	18.2
gastrointestinales y cutanea	3	27.3	27.3	45.5
intestinales-bronco respiratorias	3	27.3	27.3	72.7
broncorespiratorias	3	27.3	27.3	100.0
Total	11	100.0	100.0	

Refleja con qué frecuencia es visitada cada familia por el promotor de salud.

**visita del promotor de salud en el hogar**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid una vez al mes	7	63.6	63.6	63.6
Cada dos semanas	2	18.2	18.2	81.8
cada semana	1	9.1	9.1	90.9
nunca	1	9.1	9.1	100.0
Total	11	100.0	100.0	

Fuentes de agua de las que se hace mayor uso Comunidad El Naranjo

**Nº de familias que cuentan con agua domiciliar**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid rio	8	72.7	72.7	72.7
rio y pozo	1	9.1	9.1	81.8
potable y rio	2	18.2	18.2	100.0
Total	11	100.0	100.0	

**tiempo empleado para abastecerse de agua diariamente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 30-60minutos	7	63.6	63.6	63.6
1-2horas	4	36.4	36.4	100.0
Total	11	100.0	100.0	

Actividades Agrícolas de la población aledaña al Río El Naranjo

**actividades a las que se dedican principalmente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid agricultura	7	63.6	63.6	63.6
AGRICULTURA Y NEGOCIO	4	36.4	36.4	100.0
Total	11	100.0	100.0	

**productos cultivados en la zona**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	GRANOS BASICOS	9	81.8	81.8	81.8
	granos basicos y hortalizas	2	18.2	18.2	100.0
	Total	11	100.0	100.0	

4.2 Resultados De Encuestas Aspectos Socioeconómicos-Ambientales Del Río Guayapa.

**organizacion en la comunidad**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ADESCO	4	33.3	33.3	33.3
	junta de agua	2	16.7	16.7	50.0
	ninguna organanizacion	6	50.0	50.0	100.0
	Total	12	100.0	100.0	

Organización de las comunidades aledañas al Río Guayapa.

Acceso a servicios básicos de las comunidades aledañas a Río Guayapa.

**acceso a servicios basicos**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	energia electrica	4	33.3	33.3	33.3
	ningun servicio	8	66.7	66.7	100.0
	Total	12	100.0	100.0	

Visita de promotor de salud a comunidades aledañas al Río Guayapa

**visita del promotor de salud en el hogar**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	una vez al mes	8	66.7	66.7	66.7
	Cada dos semanas	4	33.3	33.3	100.0
	Total	12	100.0	100.0	

**Nº de familias que cuentan con agua domiciliar**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid potable	1	8.3	8.3	8.3
rio	8	66.7	66.7	75.0
potable y rio	3	25.0	25.0	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Enfermedades más frecuentes de la población aledaña al río Guayapa

	Frecuencia	percent	Valid percent	Cumulative Percent.
Gastrointestinales	3	27.3	27.3	27.3
Gastrointestinales y cutáneas	3	27.3	27.3	54.6
Intestinales- bronco respiratorias	2	18.2	18.2	72.8
Broncorespiratorias	3	27.3	27.3	100.0
Total	11	100	100	

Tratamiento que se da al agua del río Guayapa antes de su uso

**Tratamiento previo al agua antes de usarla**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid hervirla	3	25.0	25.0	25.0
otros	4	33.3	33.3	58.3
5	5	41.7	41.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tiempo empleado diariamente para abastecerse de agua del río Guayapa

**tiempo empleado para abastecerse de agua diariamente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 30-60minutos	9	75.0	75.0	75.0
1-2horas	1	8.3	8.3	83.3
mas de 2 horas	2	16.7	16.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Actividades a las que se dedican los pobladores aledaños al río Guayapa.

**actividades a las que se dedican principalmente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid agricultura	7	58.3	58.3	58.3
NEGOCIO	1	8.3	8.3	66.7
AGRICULTURA Y NEGOCIO	1	8.3	8.3	75.0
OTRA	3	25.0	25.0	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tipo de fertilizantes utilizados por la población aledaña al río Guayapa.

**abonos y fertilizantes mayormente utilizados**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid inorganicos	8	66.7	66.7	66.7
ninguno	4	33.3	33.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tratamiento que le dan a la basura en los alrededores del río Guayapa

**que hacen con la basura**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid quema	5	41.7	41.7	41.7
entierra	3	25.0	25.0	66.7
tiran	4	33.3	33.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Anexo 4.3 Resultados de Encuestas Aspectos Socioeconómicos-Ambientales del Río Copinula.

Acceso a Servicios Básicos por los pobladores aledaños al río

**acceso a servicios basicos**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid energia electrica	8	66.7	66.7	66.7
ningun servicio	4	33.3	33.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Enfermedades más frecuentes por los pobladores aledaños al río Copinula

**enfermedades mas frecuentes en la comunidad**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid gastrointestinales	5	41.7	41.7	41.7
cutaneas	1	8.3	8.3	50.0
gastrointestinales y cutanea	3	25.0	25.0	75.0
intestinales-bronco respiratorias	3	25.0	25.0	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Familias que cuentan con servicio de agua cuenca río Copinula

**Nº de familias que cuentan con agua domiciliar**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid rio	7	58.3	58.3	58.3
rio y pozo	5	41.7	41.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Épocas del año en que utilizan agua del río Copinula

	Frecuency	Porcentaje	Valid Percent	Cumulative E percent
Época seca.	2	16.7	16.7	16.7
a Todo el año	10	83.3	83.33	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tratamiento que le dan al agua del río Copinula previo a su consumo.

**Tratamiento previo al agua antes de usarla**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid clorarla	7	58.3	58.3	58.3
hervirla	1	8.3	8.3	66.7
Ninguno	4	33.3	33.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tiempo empleado para abastecerse de agua, por los pobladores aledaños al río Copinula

**tiempo empleado para abastecerse de agua diariamente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid 30-60minutos	9	75.0	75.0	75.0
1-2horas	1	8.3	8.3	83.3
mas de 2 horas	2	16.7	16.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Actividades de los pobladores aledaños al río Copinula

**actividades a las que se dedican principalmente**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid agricultura	7	58.3	58.3	58.3
NEGOCIO	1	8.3	8.3	66.7
AGRICULTURA Y NEGOCIO	1	8.3	8.3	75.0
OTRA	3	25.0	25.0	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tratamiento de la Basura por los pobladores aledaños al río Copinula

**que hacen con la basura**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid quema	5	41.7	41.7	41.7
entierra	3	25.0	25.0	66.7
tiran	4	33.3	33.3	100.0
Total	12	100.0	100.0	

Tipo de letrina con que cuentan los pobladores aledaños al Río Copinula

**tipo de letrina con que cuentan en la familia**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid abonera	8	66.7	66.7	66.7
fosa	2	16.7	16.7	83.3
ninguna	2	16.7	16.7	100.0
Total	12	100.0	100.0	

4.4 Anexos De Resultados De Encuestas Aspectos Socioeconómicos-Ambientales Del Río Cara Sucia. Organizaciones a la que pertenecen los pobladores aledaños a Río Cara Sucia.

**Tipo de Organizacion**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	ADESCO	4	21.1	21.1	21.1
	ninguna	15	78.9	78.9	100.0
	Total	19	100.0	100.0	

Servicios Basicos con que cuenta la poblacion aledaña al Río Cara Sucia.

**Cuentan con servicio basico**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	si	14	73.7	73.7	73.7
	no	5	26.3	26.3	100.0
	Total	19	100.0	100.0	

Visita de Promotor de salud a pobladores aledaños al Río Cara Sucia.

**Frecuencia de visita a los hogares por el promotor de salud**

		Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Valid	semanalmente	10	52.6	76.9	76.9
	cada dos semanas	1	5.3	7.7	84.6
	una vez al mes	2	10.5	15.4	100.0
	Total	13	68.4	100.0	
Missing	System	6	31.6		
	Total	19	100.0		

Anexo 5 Impactos Generados por el Uso del Agua para Riego en la Zona del Proyecto  
BASIM-UICN

Impactos	Características	Observaciones
Alteración de los patrones hidrológicos	Desección de cauces	Numerosos cauces se ven interrumpidos los flujos normales, hasta su desecación total. Ejemplo Río Sacramento, Ixcanal, El Naranjo,
	Eliminación de especies acuáticas	Eliminación paulatina de peces, vegetación acuática, y demás organismos acuáticos
	Afectación de los ambientes estuarios y humedales de agua dulce en la zona costera	Interrupción de los flujos de agua dulce hacia los estuarios, pantanos y canales naturales. Ej. lagunas Dentro de ANP Santa Rita, Zanjón del Chino.
Generación de conflictos entre usuarios	Competencias ente usuarios de riego	Conflictos entre regantes por las derivaciones en las cuencas
	Conflictos entre usuarios y comunidades aguas abajo	Conflictos entre las comunidades y regantes por la reducción del agua superficial necesaria para actividades domesticas.
Contaminación de las aguas	Alteración de la calidad de las aguas superficiales por el uso de agroquímicos	Incorporación de agroquímicos a las tierras bajo riego
Alteración de la condición de los suelos sometidos a riego	Proceso de salinización de suelos costeros	Se han reportado casos aislado de áreas en peligro de salinización por uso de aguas subterráneas (zona de Garita Palmera-Acajutla)

BASIM UICN 2005

Anexo 6 Categorías del Agua de Acuerdo a Parámetros Fisicoquímicos

	Unidades	Categorías			
		1	2	3	4
<b>T ° Agua</b>	°C	21.5	25	25	30
<b>pH</b>		6.5-8.5	6.5-8.5	6-8.5	6-9
<b>Conductividad</b>	mμ/cm	1000	1000	1000	2500
<b>OD</b>	mg/l	7.1	6.7	3	2
<b>DBO</b>	mg/l	3	5	7	15
<b>DQO</b>	mg/l	30	30	30	60
<b>Nitrógeno</b>	mg/l	1	2	3	10
<b>Fosfatos</b>	mg/l	0.4	0.7	0.7	20
<b>Coli. Fecales</b>	NMP/100	20	200	2,000	10,000
<b>Coli. Totales</b>	NMP/100	50	2,000	20,000	50,000

Anexo 7 Usos y Categorías del Agua

CATEGORIAS DEL AGUA	USOS
<b>I</b>	Todos los usos exigentes: fácil potabilización; vida piscícola exigente; posibles zonas de baño; regadíos exigentes; usos industriales exigentes; especial interés ecológico.
<b>II</b>	Amplios usos, con precauciones: potabilización con tratamientos intermedios; vida piscícola no tan exigente; algunas zonas de baño muy localizadas; regadíos no tan exigentes; usos industriales menos exigentes.
<b>III</b>	Usos restringidos: potabilización pero con tratamientos avanzados; posible vida piscícola de especies muy resistentes; regadíos poco exigentes; usos industriales poco exigentes.
<b>IV</b>	Usos mínimos: regadíos muy poco exigentes; usos industriales muy poco exigentes.

(Fuente: "Water Quality Assessments. A guide to the use of biota, sediments and water in environmental monitoring". Chapman & Hall, Londres, 1992.)

## Anexo 8 Parámetros Fisicoquímicos para Evaluar la Calidad del Agua

### Calidad Físico-Química

Parámetro	Unidad	Valor Recomendado	Valor Máximo Admisible
Color aparente	-	NR	-
Color verdadero	mg/l (Pt-Co)	-	15
Conductividad	µmhos/cm a 25 °C	500	1,600
Olor	Nº de umbral de olor	NR	3
pH	-	6.0-8.5	-
Sabor	Nº de umbral del sabor	NR	1
Sólidos totales disueltos	mg/l	300	600
Temperatura	°C	18 a 30	NR*
Turbiedad	UNT	1	5

**Valor Recomendado:** Corresponde a la concentración de sustancias o densidad de bacterias donde no hay riesgo sobre la salud de los consumidores.

**Valor Máximo Admisible:** Corresponde a la concentración de sustancias o bacterias a partir de la cual provoca rechazo por parte de los consumidores y donde existe un riesgo para la salud. La superación de estos valores implica toma de acciones correctivas inmediatas.

**NR** - No rechazable

\* De no encontrarse en el rango recomendado queda sujeto a evaluaciones de potabilidad.

## Anexo 9 Presencia de sustancias químicas en aguas. Valor recomendado y Valor Máximo Admisible

Parámetros	Valor recomendado (mg/l)	Valor máximo admisible (mg/l)
Acido sulfhídrico	No detectable	< 0.05
Alcalinidad total como CaCO <sub>3</sub>	30.00	350.00
Antimonio	-	0.005
Calcio	-	75.00
Cloruros	25.00	250.00
Cobre	0.10	1.00
Dureza total como CaCO <sub>3</sub>	100.00	400.00
Fluoruros	-	1.50
Hierro total	0.05	0.30
Magnesio	-	50.00
Manganeso	0.05	0.1
Nitrógeno amoniacal NH <sub>4</sub>	-	0.50
Nitrógeno (Kjeldahl)	-	1.00
N de NO <sub>2</sub> y NO <sub>3</sub>	-	1.00
Plata	-	0.10
Potasio	-	10.00
Sílice	60.00	125.00
Sodio	25.00	150.00
Sulfatos	25.00	250.00

Anexo 10 Sustancias Químicas de Tipo Inorgánico de Alto Riesgo para la Salud

Parámetro	Valor Máximo Admisible * (mg/l)
Aluminio	0.05
Arsénico	0.01
Bario	0.70
Boro	0.30
Cadmio	0.003
Cianuros	0.05
Cromo (Cr <sup>+6</sup> )	0.05
Mercurio	0.001
Níquel	0.02
Nitrato (medido como Nitrógeno)	10.00
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) **	45.00
Nitrito (medido como Nitrógeno)	1.00
Plomo	0.01
Selenio	0.01
Zinc	5.00

Fuente. CONACYT. 1998.

## Anexo 11 Sustancias Orgánicas de Riesgo para la Salud

Parámetro	Valor Máximo Admisible (µg/l)
Aceites y grasas	No detectable
Acido Edético (EDTA)	200.00
Acido Nitrilo Acético	200.00
Acrilamida	0.00
Adipato di (2 - Etilhexilo) ADDH	80.00
Benceno	5.00
Benzopireno	0.20
Cloruro de Vinilo	2.00
Diclorobenceno 1-2	600.00
Diclorobenceno 1-4	75.00
Dicloroetano 1-2	5.00
Dicloroetano 1-1	30.00
Dicloroetano 1-2	50.00
Diclorometano	5.00
Epilclorohidrina	0.40
Estireno	20.00
Ftalato de di (2-Etilhexil)	6.00
Etilbenceno	300.00
Hexaclorobutadieno	0.60
Monoclorobenceno	100.00
Oxido de Tributilestaño	2.00
Tetracloroetano	40.00
Tetracloruro de Carbono	2.00
Tolueno	700.00
Triclorobenceno (total)	20.00
Tricloroetano (1,1,1)	200.00
Tricloroetano	70.00
Xileno	500.00

CONACYT. (1999)

Anexo 12 Valores Máximos Admisibles de Residuos de Plaguicidas en aguas superficiales

Parámetro	Valor Máximo Admisible (µg/l)	Parámetro	Valor Máximo Admisible (µg/l)	Parámetro	Valor Máximo Admisible (µg/l)
Alacloro	2.00	Dicloroprop	100.00	Metalaxil	420.00
Aldicarb	3.00	Dicloropropano	5.00	Metamidofos	5.00
Aldrin/Dieldrin	0.03	1-2 Dicloropropano	5.00	Metilparation	100.00
Ametrina	63.00	1-3 Dicloropropeno	1.00	Metolacloro	10.00
Atrazina	2.00	Dimetoato	5.00	Metoxicloro	20.00
Benomil	350.00	Diquat	20.00	Molinato	6.00
Bentazona	17.50	Disulfoton	0.50	Oxamil	200.00
Bromacil	90.00	Diuron	14.00	Paraquat	31.50
Bromuro de metilo	10.00	Endosulfan	0.35	Pendimetalina	20.00
Carbaryl	700.00	Fenamifos	1.75	Pentaclorofenol	1.00
Carbofurano	5.00	Glifosato	700.00	Permetrina	20.00
Cipermetrina	70.00	Heptacloro	0.40	Picloran	500.00
Clordano	0.20	Heptacloroepóxido	0.20	Piridato	100.00
Clorpirifós	21.00	Hexazinona	231.00	Propanil	20.00
Clorpirifos metil	70.00	Isoproturon	9.00	Propoxur	28.00
Cobre metálico	1,000.00	Lindano	0.20	Simazina	2.00
2,4 - D	30.00	Malation	140.00	2,4,5 - T	9.00
Diazinon	6.30	Mancozeb	25.00	Terbufos	0.18
2,4, DB	90.00	Maneb	85.00	Trifuralina	5.00
DDT	0.10	Mecoprop	10.00		
1,2-Dibromo-3-Cloropropano	0.20	MCPA	2.00		

Anexo 13 Cloro Residual Libre en Aguas con Valores Recomendables y Admisibles en uso domestico

Parámetro	Valor Recomendado (mg/l)	Valor Máximo Admisible (mg/l)
Cloro residual libre	0.5	1.0

Anexo 14 Parámetros de calidad para agua de riego

En el caso de agua para riego, la normativa oficial para El Salvador es el Decreto N0 51, publicado en el Diario Oficial de la República el 16 de noviembre de 1987, el cual establece las normas de calidad deseables para irrigación. Esta normativa es la utilizada por la Dirección General de Recursos Naturales Renovables del Ministerio de Agricultura y Ganadería (DGRNR), oficina gubernamental responsable para otorgar los permisos de uso de agua para riego en el país.

Parámetro	Valores <sup>(1)</sup>
Conductividad eléctrica ( $\mu\text{mhos} \times 10^{-6}$ por cm a 25°C)	250 - 750
RAS (unidades)	0.0 - 10.0
CRS (meq/lt) - Carbonato de sodio residual	1.25
% Sodio (meq/lt)	30.0 - 60.0
Boro (mg/lt)	0.5 - 2.0
Cloruros (meq/lt)	5.5
Sulfatos (meq/lt)	4.1

(1) Los límites pueden variar dependiendo del tipo de suelo, cultivo y disponibilidad de agua.

## Anexo 15 RAS

La normativa salvadoreña es similar a lo aceptado internacionalmente, excepto para RAS, en la cual un valor mayor que 8 normalmente ya es considerado sumamente peligroso.

### Valores de Conductividad Eléctrica y Relación de Absorción de Sodio (RAS) más aceptados por países que practican el riego

Patrón de calidad	CE (mmhos/cm a 25°C)	RAS	Riesgo de salinidad o de reducción de la permeabilidad
A	< 0.75	< 3	Bajo
B	0.75 - 1.50	3 - 5	Medio
C	1.50 - 3.00	5 - 8	Alto
D	> 3.0	> 8	Muy alto

### Iones Tóxicos

Concentración de boro: < 0.5 ppm.

Concentración de cloro: < 2.0 meq/l.

Anexo 16 Norma CONAYT NSO 13.49.01:06.Requerimientos para toma de muestra.  
Recipientes para muestreo y preservantes de componentes en agua

**NORMA SALVADOREÑA**  
**13.49.01:06**

**NSO**

**5.2**

**Tabla 4. Requerimiento para toma de muestras  
Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua**

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento	Vol. mínimo de muestra mL
Aceites y grasas	Vidrio	5 mL (1+1) H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L muestra. Enfriar a 4 °C	24 horas	1 000
Acido fenoxiacético, herbicida	Vidrio	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 2, inferior a 4 °C	Preferible extraer inmediatamente	1 000
Aluminio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Arsénico	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Bario	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Berilio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Boro	Polietileno	Enfriar 4 °C	6 meses	1 000
Cadmio	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Carbamato (plaguicida)	Vidrio	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> a pH < 4 y 10 g Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> /L muestra	Preferible extraer inmediatamente	2 500
Cianuro	Polietileno	1 mL NaOH al 10 % / 100 mL muestra	24 horas	500
Cinc	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	6 meses	1 000
Color	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	500
Cromo	Polietileno	2 ml. Conc. HNO <sub>3</sub> /L muestra	24 horas	1 000
DBO	Polietileno	Enfriar 4 °C	4 horas	1 000
DQO	Polietileno	Enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fenoles	Vidrio	H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub> a pH < 4 y 1,0 g CuSO <sub>4</sub> /L, enfriar 4 °C	24 horas	1 000
Fluoruro	Polietileno	Enfriar 4 °C	7 días	300

Anexo 17 Límites de los Parámetros de Calidad para Cuerpos de Agua Superficial Del Reglamento Especial de Normas Técnicas de Calidad Ambiental.

PARAMETRO	LIMITE
Bacterias Coliformes Totales Coliformes Fecales	Que no excedan de una densidad mayor a los 5000 UFC por 100 ml de muestra analizada  Que no excedan de una densidad mayor a los 1000 UFC por 100 ml de muestra analizada
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO'5)	No debe permitirse que el nivel de oxígeno disminuya de 5 mg/L
Oxígeno disuelto	Igual o mayor de 5mg/L
PH	Debe mantenerse en un rango de 6.5 a 7.5 unidades o no alterar en 0.5 unidades de PH el valor ambiental natural.
Turbiedad	No deberá incrementarse mas de 5 unidades de turbiedad sobre los límites ambientales del cuerpo receptor
Temperatura	Debe mantenerse en un rango entre los 20 a 30° C o no alterar a un nivel de 5°C la temperatura del cuerpo receptor
Toxicidad	No debe exceder de 0.05 mg/L de plaguicidas órgano clorados