

**Universidad de El Salvador  
Facultad de Ciencias Agronómicas  
Escuela de Posgrado y Educación Continua**

**Programa de Posgrado en Agronomía Tropical Sostenible**



**“Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador”**

**Lic. Blanca Lorena Bonilla de Torres**

**Tesis  
Presentada como requisito para obtener el Grado de:  
Maestra  
en Gestión Integral del Agua**

San Salvador, El Salvador, Centro América, 2015.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR:**

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

**SECRETARIA GENERAL:**

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS**

**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 Gestión Integral del Agua**

**San Salvador, El Salvador, Centro América, 2015**

**Tribunal Evaluador de Tesis**

---

Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero  
Asesor de Tesis y Presidente del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Oscar Antonio Ruíz Cruz  
Secretario y Miembro del Tribunal Evaluador de Tesis

---

Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Vocal y Miembro del Tribunal Evaluador de Tesis

---

M. Sc. Ing. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia  
Director de la Escuela de Posgrado y Educación Continua

## **Dedicatoria**

A Dios Todopoderoso por darme sabiduría, entendimiento y fortaleza para poder culminar este trabajo de investigación.

A mis padres por apoyarme en todo momento de mi vida.

A mi esposo Carlos Enrique Torres Teos por su amor y apoyo incondicional para lograr este objetivo tan importante en mi vida.

A mi hijo Carlos Adrián Torres por ser la razón de nuestra vida.

A mis hermanos, hermana, sobrinas y sobrinos por el apoyo que me brindaron.

## **Agradecimientos**

A los miembros del tribunal evaluador de tesis Ing. M. Sc. Luis Fernando Castaneda Romero, Ing. M. Sc. Oscar Antonio Ruíz Cruz e Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, por su apoyo y orientación técnica que fue esencial para el desarrollo de esta investigación.

A la Escuela de Posgrado y Educación Continua de la Facultad de Ciencias Agronómicas por darme la oportunidad de haber realizado esta Maestría y en especial al Ing. M. Sc. Efraín Antonio Rodríguez Urrutia, por su apoyo en las gestiones necesarias durante el desarrollo de esta Maestría y animarme siempre a seguir adelante.

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

A la Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA) por su apoyo al financiamiento para poder realizar esta investigación.

Al Ing. M. Sc. Oscar Antonio Ruíz Cruz por su amistad, apoyo técnico y acompañamiento en el desarrollo de todas las actividades de campo realizadas en las cuencas El Jute y San Antonio.

A las comunidades y organizaciones de las cuencas El Jute y San Antonio por su valioso apoyo y colaboración como facilitadores en la recolección de información para realizar esta investigación.

Al jefe del Departamento de Química Agrícola Ing. Oscar Carrillo, y al jefe de Protección Vegetal Ing. Leopoldo Serrano por su apoyo para la realización de los análisis en las muestras de agua en los laboratorios de Química Agrícola, y de Investigación y Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Ciencias Agronómicas.

A mis amigos del Departamento de Química Agrícola Freddy, Norbis, Florcita e Ing. Milton, por su colaboración en el desarrollo de la investigación y especialmente por darme ánimos en todo momento.

A mi amigo Freddy Alexander Carranza por su apoyo, valiosa amistad y por darme fuerza durante la realización de esta Maestría.

Finalmente, mi más sinceros agradecimientos a todas las personas que desinteresadas e incondicionalmente me apoyaron en cada uno de los pasos seguidos a lo largo de esta investigación.

## Índice General

	<b>Página</b>
Resumen .....	15
Abstract .....	16
I. Introducción.....	17
II. Planteamiento del Problema.....	19
III. Objetivos .....	21
3.1 Objetivo General.....	21
3.2 Objetivos específicos .....	21
IV. Hipótesis.....	21
V. Marco Teórico Conceptual.....	22
5.1 Objetivos de Desarrollo del Milenio.....	22
5.2 Desarrollo Rural.....	23
5.3 Desarrollo local.....	24
5.4 Cuencas hidrográficas.....	25
5.5 Cogestión de cuencas.....	26
5.6 La cuenca como sistema .....	28
5.7 El agua en las cuencas hidrográficas .....	28
5.8 Calidad del agua.....	29
5.8.1 Problemática de la calidad del agua en el medio rural .....	30
5.8.2 Contaminación del agua y su impacto.....	31
5.9 Parámetros de calidad en el agua.....	32
5.9.1 Parámetros físicos.....	32
5.9.1.1 Turbidez.....	32
5.9.1.2 Color .....	33
5.9.1.3 Olor y Sabor .....	33
5.9.1.4 Temperatura.....	33
5.9.1.5 Sólidos .....	33
5.9.2 Parámetros químicos .....	34
5.9.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH).....	34

5.9.2.3	Conductividad.....	35
5.9.2.4	Nitratos .....	35
5.9.2.5	Fosfatos.....	36
5.9.2.6	Oxígeno Disuelto (OD) .....	37
5.9.2.7	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).....	38
5.9.2.8	Metales pesados .....	39
5.9.3	Parámetros microbiológicos .....	40
5.9.3.1	Coliformes totales.....	40
5.10	Índice de Calidad del Agua (ICA) .....	40
5.11	Normativas relacionadas con el agua en El Salvador .....	42
5.11.1	Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01:08 (junio 2009).....	45
5.11.2	Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09.....	46
VI.	Metodología.....	48
6.1	Ubicación de la zona de estudio .....	48
6.2	Selección de puntos de muestreo para determinar la calidad del agua .....	48
6.3	Muestreo de aguas .....	52
6.4	Parámetros de calidad evaluados y metodologías utilizadas .....	53
6.5	Elaboración de propuesta de manejo y sostenibilidad del recurso hídrico .....	55
6.5.1	Diagnóstico sobre el estado actual de las fuentes de agua .....	55
6.5.2	Elaboración de propuestas de manejo y sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua.....	57
VII.	Análisis de Resultados .....	58
7.1	Calidad ambiental del agua de los ríos El Jute y San Antonio .....	58
7.2	Evaluación de la aptitud de uso del agua .....	63
7.3	Calidad de aguas residuales .....	67
7.4	Calidad del agua de manantiales y pozos .....	73
7.5	Calidad del agua de sistemas de abastecimiento.....	76
7.5.1	Suministro de agua por sistemas de abastecimiento.....	80
7.5.2	Familias sin abastecimiento de agua .....	81
7.6	Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua .....	82

7.6.1	Sistemas comunitarios .....	82
7.6.2	Sistema municipal .....	86
7.7	Diagnóstico de los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua .....	86
VIII.	Conclusiones .....	95
IX.	Recomendaciones .....	96
X.	Bibliografía.....	98
XI.	Anexos.....	105

## Índice de Cuadros

	<b>Página</b>
Cuadro 1. Objetivo 7 de desarrollo del milenio: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.....	22
Cuadro 2. Clasificación del ICA según Brown. ....	42
Cuadro 3. Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección. ....	44
Cuadro 4. Norma Obligatoria de Agua Potable, parámetros microbiológicos. ....	45
Cuadro 5. Norma Salvadoreña de Agua Potable, parámetros Físicos y Químicos. ....	45
Cuadro 6. Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, tipo Ordinario. ....	46
Cuadro 7. Sitios de recolección de muestras de agua de río. ....	49
Cuadro 8. Sitios de recolección de muestras de aguas residuales. ....	49
Cuadro 9. Sitios de recolección de muestras de agua de pozos y manantiales. ....	50
Cuadro 10. Sitios de recolección de muestras de agua de sistemas de abastecimiento.....	51
Cuadro 11. Recipientes para muestreo y preservación de muestras de agua. ....	52
Cuadro 12. Parámetros medidos en campo .....	54
Cuadro 13. Parámetros medidos en laboratorio.....	54
Cuadro 14. Resultados de los parámetros de calidad para calcular el ICA en época lluviosa. ....	60
Cuadro 15. Resultados de los parámetros de calidad para calcular el ICA en época seca. ....	61
Cuadro 16. Resultados de los parámetros de calidad de agua cruda superficial para evaluar la aptitud de uso, época lluviosa. ....	64
Cuadro 17. Resultados de los parámetros de calidad de agua cruda superficial para evaluar la aptitud de uso, época seca. ....	65
Cuadro 18. Resultados de los parámetros de calidad de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, en época lluviosa.....	69
Cuadro 19. Resultados de los parámetros de calidad de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, en época seca. ....	69

Cuadro 20. Resultados de parámetros de calidad complementarios de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, época lluviosa. ....	70
Cuadro 21. Resultados de parámetros de calidad complementarios de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, época seca. ....	71
Cuadro 22. Resultados de muestras de agua de manantiales y pozos para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08. ....	74
Cuadro 23. Resultados de muestras de agua de manantiales y pozos para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08. ....	75
Cuadro 24. Resultados de muestras de agua de sistemas de abastecimiento para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08. ....	78
Cuadro 25. Resultados de análisis de muestras de agua de sistemas de abastecimiento para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08. ....	79
Cuadro 26. Familias con sistemas de abastecimiento de agua por proveedor de agua. ....	80
Cuadro 27. Familias con abastecimiento de agua según fuente de donde se abastecen. ....	82
Cuadro 28. Descripción de sistemas de abastecimiento de agua. ....	83
Cuadro 29. Pesos para cálculo del ICA. ....	124
Cuadro 30. Intervalos de medida para Nitratos. ....	140
Cuadro 31. Intervalo de medida para fosfatos. ....	142
Cuadro 32. Intervalo de medida para turbidez. ....	144
Cuadro 33. Población abastecida por manantiales. ....	170
Cuadro 34. Población abastecida por pozos. ....	170
Cuadro 35. Población abastecida por sistemas de agua comunitarios. ....	170
Cuadro 36. Población abastecida por sistemas municipales de Nuevo Cuscatlán. ....	171
Cuadro 37. Población abastecida por ANDA. ....	171
Cuadro 38. Otras comunidades abastecidas por ANDA. ....	172

## Índice de Figuras

	<b>Página</b>
Figura 1. Esquema de la cogestión de cuencas.....	27
Figura 2. Ubicación de las cuencas El Jute y San Antonio. ....	48
Figura 3. Grafica de resultados del ICA en época lluviosa y época seca, río San Antonio. ....	58
Figura 4. Grafica de resultados del ICA en época lluviosa y época seca, río El Jute.....	59
Figura 5. Mapa de Calidad del agua. ....	62
Figura 6. Mapa aptitud del uso del agua para potabilizar.....	66
Figura 7. Demanda Química de Oxígeno en quebradas en las cuenca El Jute – San Antonio. ....	67
Figura 8. Sólidos Suspendidos Totales en quebradas en las cuencas El Jute – San Antonio. ....	68
Figura 9. Mapa de quebradas con descargas de aguas residuales. ....	72
Figura 10. Porcentaje de familias con sistemas de abastecimiento de agua por proveedor de agua.....	80
Figura 11. Familias con abastecimiento de agua según fuente.....	82
Figura 12. Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.....	125
Figura 13. Valoración de la calidad de agua en función del pH.....	126
Figura 14. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO. ....	126
Figura 15. Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno. ....	127
Figura 16. Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo. ....	127
Figura 17. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura. ....	128
Figura 18. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez. ....	128
Figura 19. Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Disueltos Totales. ....	129
Figura 20. Valoración de Calidad de agua en función del porcentaje de saturación del OD. ....	129

## Índice de Anexos

	<b>Página</b>
Anexo 1. Sitios de muestreo de aguas residuales. ....	105
Anexo 2. Sitios de muestreo del río San Antonio. ....	106
Anexo 3. Sitios de muestreo del río El Jute.....	107
Anexo 4. Sitios de muestreo de manantiales. ....	108
Anexo 5. Sitios de muestreo de pozos.....	110
Anexo 6. Sitios de muestreo en sistemas de agua. ....	112
Anexo 7. Hoja de recolección de datos y calidad del agua. ....	115
Anexo 8. Procedimiento de toma de muestras. ....	121
Anexo 9. Cálculo del Índice de Calidad del Agua. ....	124
Anexo 10. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> ). ....	130
Anexo 11. Determinación del Oxígeno Disuelto.....	132
Anexo 12. Determinación de pH. ....	133
Anexo 13. Determinación de coliformes fecales.....	134
Anexo 14. Determinación de temperatura.....	137
Anexo 15. Determinación de Sólidos Totales Disueltos. ....	138
Anexo 16. Determinación de Nitratos. ....	140
Anexo 17. Determinación de Fosfatos. ....	142
Anexo 18. Determinación de Turbidez.....	144
Anexo 19. Determinación de Aluminio en agua. ....	145
Anexo 20. Determinación de Arsénico en agua. ....	147
Anexo 21. Determinación de Cadmio en agua. ....	149
Anexo 22. Determinación de Cobre en agua.....	151
Anexo 23. Determinación de Hierro en agua por espectrofotometría de absorción atómica. ....	153
Anexo 24. Determinación de Manganeso.....	155
Anexo 25. Determinación de Plomo en agua ....	157
Anexo 26. Determinación de Zinc en agua por espectrofotometría de absorción atómica. ....	159
Anexo 27. Informe de análisis.....	161

Anexo 28. Capacitación a comunidades de las cuencas El Jute y San Antonio.....	169
Anexo 29. Cobertura y acceso al agua potable.....	170

## Resumen

Bonilla de Torres, BL. 2015. Diagnóstico de la calidad de los recursos hídricos y diseño de una propuesta para su manejo y sostenibilidad en las cuencas El Jute y San Antonio, La Libertad, El Salvador. Tesis de Maestría. San Salvador, El Salvador, Universidad de El Salvador. 172 p.

Esta investigación se realizó en las cuencas El Jute y San Antonio, ubicadas en los municipios de Santa Tecla, Zaragoza, San José Villa Nueva, Nuevo Cuscatlán y La Libertad, departamento de la Libertad. Se determinó la calidad del recurso hídrico, para conocer el estado actual del agua de ríos, manantiales, pozos y sistemas de abastecimiento de agua, mediante la determinación de parámetros físicos, químicos y microbiológicos utilizando metodologías normalizadas, y con esta información se diseñaron propuestas para el manejo y sostenibilidad del agua en los sistemas de agua.

Para el monitoreo se seleccionaron 59 sitios de muestreo distribuidos en la zona alta, media y baja de las cuencas. Al agua de los ríos se les determinó la calidad, utilizando el Índice de Calidad del Agua, encontrándose el 91% de los sitios con calidad Mala y el 9% con calidad Regular. También fueron evaluados con base al Decreto 51, obteniéndose que el 100% de los sitios no contienen agua apta para potabilizar por métodos convencionales.

Las aguas de quebradas fueron evaluadas con la Norma Salvadoreña, Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09, de las cuales el 100% de los sitios evaluados no cumplen con dicha normativa.

Las aguas de pozos, manantiales y sistemas de abastecimiento fueron evaluados con la Norma Salvadoreña Obligatoria Agua, Agua Potable NSO 13.07.01:08, encontrándose que el agua de pozos y manantiales no cumple en su totalidad con esta normativa y en los sistemas de abastecimiento solamente el 27% de los sitios cumplen.

Se realizó un diagnóstico participativo para conocer el estado actual del agua utilizada por los pobladores en las cuencas; con esta información se generaron propuestas de manejo y sostenibilidad del recurso hídrico, para que sean utilizadas por los actores locales como herramientas de gestión, para contribuir a mejorar la calidad y disponibilidad del agua en estas cuencas.

**Palabras claves:** Calidad de agua, contaminación, monitoreo, parámetro, físicos, químicos, microbiológicos, análisis, normativa, recurso, hídrico, cuencas.

## **Abstract**

Bonilla de Torres, BL. 2015. Diagnostic of the quality of water resources and design of a proposal for the management and sustainability in the basins El Jute and San Antonio, La Libertad, El Salvador. Thesis M. Sc. San Salvador, El Salvador, University of El Salvador. 172 p.

This research was conducted in the basins El Jute and San Antonio, located in the municipalities of Santa Tecla, Zaragoza, San José Villa Nueva, Nuevo Cuscatlán and La Libertad, department of La Libertad. It was determined the quality of the water resource to understand the current status of water in rivers, springs, wells and water supply systems, through the determination of physical, chemical and microbiological parameters using standardized methodologies and with this information, proposals were designed for the management and sustainability of the water in the water systems.

For monitoring, 59 sampling sites were selected and distributed in the high, medium, and low zones in the river basins. Quality was determined to the water of rivers by using the Index of water quality, having as a result 91% of the sites with bad quality and the 9% with average quality; surface waters of rives were also evaluated on the basis of the Decree 51, Obtaining that 100% of the sites do not contain water suitable for drinking by conventional methods.

The waters of streams were evaluated with the Salvadoran Mandatory Standard NSO 13.49.01:09, Water, Wastewater discharged to a receiving body, of which 100% of the evaluated sites do not comply with this legislation.

The waters of wells, springs and supply systems were evaluated with the Salvadoran Mandatory Standard NSO 13.07.01 :08 Water, drinking water; and it was found that the water from wells and springs does not fully comply with this legislation and in supply systems only 27% of the sites comply.

A participatory diagnosis was made to understand the current status of the water used by the settlers in the river basins, and proposals of management and sustainability of water resources were generated with this information to be used by local inhabitants as management tools to help improve the quality and availability of water in these river basins.

**Key Words:** water quality, pollution, monitoring, parameter, physical, chemical, microbiological, analysis, Standard, and water resources, basins.

## **I. Introducción**

La contaminación del medio ambiente, particularmente la del agua y sus efectos en la salud de la población, es uno de los problemas más importantes que hay que atender tanto a nivel nacional como mundial. En este aspecto, la determinación del grado de contaminación del agua, resulta ser un paso indispensable para solucionar cualquier problema relacionado con riesgos para la salud y el medio ambiente.

En El Salvador, la severa alteración del ciclo hidrológico, afecta la capacidad de regulación y aprovechamiento de las aguas superficiales y subterráneas, incluye el deterioro y disminución de las zonas de recarga hídrica, la progresiva disminución de la capacidad de infiltración de agua en los suelos, el aumento de la escorrentía superficial, así como la sobre explotación y contaminación de casi todas las fuentes de agua superficial, debido al manejo inadecuado del recurso hídrico por falta de conciencia del ser humano de que el agua es un recurso estratégico, vulnerable, finito e imprescindible para la vida. También, contribuye a magnificar la crisis la ausencia de políticas y planes nacionales de gestión, la obsolescencia institucional y la dispersión de la normativa vigente.

Según un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN 2011) sobre la calidad del agua superficial en 10 regiones hidrográficas, los resultados afirman que el agua superficial cada día se encuentra en deterioro acelerado tanto en calidad como en cantidad, presentando algún grado de contaminación procedente de fuentes puntuales y no puntuales. El 12% de los sitios muestran una calidad buena, el 50% presenta calidad regular, el 31% calidad mala y un 7% pésima; siendo uno de los indicadores de contaminación las altas concentraciones de bacterias coliformes fecales, el cual está relacionado con las condiciones de saneamiento básico inadecuado, prevalente en las zonas de estudio; a nivel nacional solo el 17% de los ríos cumplen con la aptitud de potabilización por métodos convencionales.

Tradicionalmente la evaluación de contaminación del agua es llevada a cabo de manera local, es decir, para un determinado sitio o punto, sin cuantificar la contaminación en toda la corriente o cuerpo de agua. En cambio, al considerar la cuenca como el sistema de estudio, a

menudo se logran mejorar las condiciones de las corrientes fluviales y controlar las diferentes fuentes de cada tipo de contaminante.

En esta investigación se determinó la calidad físico, química y microbiológica que presenta el agua en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio, considerando la parte alta, media y baja de dichas cuencas, para ello se realizaron muestreos de aguas de ríos, manantiales, pozos y sistemas de abastecimiento de agua.

Se realizó el diagnóstico de los diferentes sistemas de abastecimiento de agua, la información resultante se utilizó para generar la línea base sobre el estado actual de dichos sistemas. Se elaboraron propuestas para mejorar el manejo y contribuir a la sostenibilidad de los sistemas de agua, tomando en cuenta acciones a implementar en base a la línea base establecida.

## **II. Planteamiento del Problema**

La calidad del agua está determinada por la erosión del substrato mineral, los procesos atmosféricos de evapotranspiración y sedimentación de lodos y sales, la lixiviación natural de la materia orgánica y los nutrientes del suelo por los factores hidrológicos, y los procesos biológicos en el medio acuático que pueden alterar la composición física y química del agua. A esta contaminación natural se agrega aquella causada por diferentes actividades antrópicas (Tebbutt 2002).

Cualquier cuerpo de agua es capaz de asimilar cierta cantidad de contaminantes, sin efectos serios, debido a factores como la dilución y la auto purificación. Si hay contaminación adicional, se altera la naturaleza del agua receptora y deja de ser adecuada para realizar funciones básicas como: abastecimiento de agua potable, recreación, navegación, entre otros.

En El Salvador, según estudios sobre la calidad del agua, se observa una tendencia progresiva hacia el deterioro de la calidad ambiental de los ríos (MARN 2011), siendo las principales causas de este deterioro el crecimiento de asentamientos humanos, el desarrollo de actividades agrícolas, la conversión en el uso del suelo, descargas de aguas residuales de origen doméstico e industrial sin previo tratamiento y falta de saneamiento básico.

Según el Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social (2009), las cinco primeras causas de morbilidad son las infecciones agudas respiratorias, diarreas, amibiasis, neumonías y conjuntivitis bacteriana, las cuales están asociadas a problemas de saneamiento básico tales como: manejo de desechos sólidos inadecuados, contaminación del aire, aguas residuales, contaminación de fuentes de agua.

Actualmente la situación del agua potable es compleja y se caracteriza por un déficit importante en cuanto a cobertura, calidad, regularidad, seguridad jurídica y regulación. Es una necesidad que se realicen estudios sobre la calidad del agua para poder así determinar el grado de deterioro que presenta este recurso a escala de toda una cuenca, ya que es un factor importante a tener en cuenta a la hora de valorar el desarrollo sostenible.

En las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio se presentan problemas con respecto al recurso hídrico, entre estos están: manejo inadecuado de los desechos sólidos que se generan en la cuenca, crecimiento urbanístico, así como aguas residuales que son descargadas a estos ríos, muchas veces sin previo tratamiento, o existe un tratamiento deficiente.

En el presente trabajo se determinó la calidad física, química y microbiológica del agua en sistemas de abastecimiento de agua, manantiales, pozos y ríos ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio, integrada por los municipios de Santa Tecla, Nuevo Cuscatlán, Zaragoza, San José Villanueva y La Libertad, todos en el departamento de La Libertad.

La importancia de determinar la calidad del agua radica en que gran parte de la población que habita en la cuenca hace uso del agua de los ríos El Jute y San Antonio para diversas actividades, entre ellas: recreación, lavado y consumo humano. Por otra parte, hay manantiales que no están protegidos y el agua es utilizada para consumo humano, así como diferentes sistemas de abastecimiento en los cuales no se conoce la calidad que presentaba el agua.

Los resultados obtenidos fueron utilizados para diseñar propuestas de manejo y sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, para que sean utilizadas por los actores locales como base para tomar medidas de acción y gestión para proteger el recurso hídrico tanto en cantidad como en calidad.

Para la realización de esta investigación se contó con el apoyo de la Asociación Comunitaria Unida por el Agua y la Agricultura (ACUA), organizaciones locales de la cuenca, los laboratorios de Química Agrícola y de Investigación y Diagnóstico de la Facultad de Ciencias Agronómicas, y el laboratorio de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia, de la Universidad de El Salvador.

### **III. Objetivos**

#### **3.1 Objetivo General**

Determinar la calidad del agua de los ríos, pozos, manantiales y sistemas de abastecimiento de agua ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio, a través de parámetros físico-químicos y microbiológicos.

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Determinar la calidad del agua de los ríos ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio, a través del Índice de Calidad del Agua y del Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección (Decreto Legislativo 51, 1987), para establecimiento de la línea base.
- Verificar el cumplimiento de la Norma Salvadoreña Obligatoria para Aguas Residuales NSO 13.49.01:09, en puntos estratégicos de descarga de aguas residuales a los ríos de las cuencas El Jute y San Antonio.
- Determinar la calidad del agua para consumo humano en pozos, manantiales y en sistemas de agua ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio, a través de la Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01:08 vigente o su equivalente, para establecimiento de la línea base.
- Realizar un diagnóstico de las fuentes de agua y de los sistemas de abastecimiento de agua que se encuentran ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio.
- Elaborar una propuesta de manejo y sostenibilidad de las fuentes de agua que son utilizadas por las comunidades para consumo humano.

### **IV. Hipótesis**

La calidad del agua de los ríos, manantiales, pozos y sistemas de abastecimiento de agua potable ubicados en las cuencas El Jute y San Antonio no cumple con las normativas del agua vigentes en el país.

## V. Marco Teórico Conceptual

### 5.1 Objetivos de Desarrollo del Milenio

Los Objetivos de Desarrollo del Milenio están comprendidos en ocho objetivos, 18 metas específicas y 48 indicadores, aprobados por 189 países miembros de la Naciones Unidas en la Cumbre del Milenio, en el año 2000, son parámetros de referencia inspirados en los derechos humanos, regidos por valores básicos de libertad, igualdad, solidaridad, tolerancia, respeto por la naturaleza y responsabilidad compartida. Estos objetivos son:

1. Erradicar la pobreza extrema y el hambre
2. Lograr la enseñanza primaria universal
3. Promover la igualdad de género y el empoderamiento de la mujer
4. Reducir la mortalidad de los niños y niñas menores de 5 años
5. Mejorar la salud materna
6. Combatir el VIH/sida y otras enfermedades graves
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente
8. Fomentar una alianza mundial para el desarrollo (ONU s. f.).

Cuadro 1. Objetivo 7 de desarrollo del milenio: Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.

Objetivo	Metas
7. Garantizar la sostenibilidad del medio ambiente.	7A. Incorporar los principios del desarrollo sostenible en las políticas y los programas nacionales y revertir la pérdida de recursos del medio ambiente.
	7B. Reducir la pérdida de biodiversidad, alcanzando para el año 2010 una reducción significativa de la tasa de pérdida.
	7C. Reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas que carezcan de acceso sostenible al agua potable y servicios básicos de saneamiento.
	7D. Haber mejorado considerablemente, para el año 2020, la vida de por lo menos 100 millones de habitantes de tugurios.

Fuente: Organización de las Naciones Unidas, s.f.

Según el segundo informe de país, Alcancemos los Objetivos de Desarrollo del Milenio (2009), con respecto al objetivo 7, se considera la Política Ambiental como un eje transversal de intervención relacionado con la sostenibilidad de las metas planteadas en este objetivo.

El porcentaje de recursos hídricos usados por un país es un indicador complejo que refleja el desarrollo, la política nacional sobre el agua y su escasez material y económica. Cuando el nivel de desarrollo de un país es bajo, generalmente resulta ventajoso incrementar lo más posible la extracción de agua. Pero existe un punto de inflexión más allá del cual los ecosistemas se verán muy forzados y el uso de agua en actividades excluyentes entre si no permitirá que los usuarios se beneficien de una manera equitativa.

Según la meta de reducir a la mitad, para el año 2015, el porcentaje de personas sin acceso sostenible al agua potable y a servicios de saneamiento básicos, a escala mundial, la cobertura aumento del 76% en 1990 al 89% en 2010, lo que significa que el objetivo se ha logrado mejorar. Dado que todavía no es posible medir la calidad a nivel mundial, la magnitud de seguridad, confiabilidad y sostenibilidad no está reflejada en el indicador usado para dicha meta (PNUD 2012).

## **5.2 Desarrollo Rural**

El desarrollo rural se define como un proceso mediante el cual se enfrenta la problemática de las zonas rurales en un esfuerzo de cambio para producir transformaciones sustanciales en las condiciones de vida de la población que vive en el campo, en las estructuras económicas, políticas y sociales que faciliten y hagan posible la plena incorporación de las personas rurales a las actividades de la vida nacional. Se concibe como una estrategia del desarrollo global del cual es un componente importante. La diversa gama de aspectos que conforman la problemática de las zonas rurales exige que el desarrollo rural sea sostenible.

El desarrollo rural sostenible se concibe como un proceso socioeconómico, político y cultural de las poblaciones rurales, con vistas a mejorar sus condiciones de vida. Este proceso se realiza a través de la participación consciente y crítica de las poblaciones de zonas rurales en el análisis de sus problemas, necesidades y de sus intereses, en el planteamiento de soluciones, en las decisiones y en la actuación para transformar su situación y superar los problemas de su comunidad (Medina 1981).

Según Mora y Sumpsi (2004) los enfoques y etapas de las políticas y programas de desarrollo rural que los Estados de América Latina pusieron en práctica en las últimas décadas han sido bastante incompletos al no considerar algunos aspectos como:

- El funcionamiento y organización de los sistemas de producción de los campesinos y pequeños productores.
- Las relaciones campo-ciudad y las características de la sociedad rural.
- Las necesidades de transformar el poder tradicional y fortalecer las capacidades locales.
- La necesidad de contar con estrategias y organismos de planificación regional y local, enlazados con las políticas nacionales de desarrollo.

### **5.3 Desarrollo local**

El enfoque de desarrollo local surge como una reacción a los desequilibrios territoriales generados por el proceso de industrialización de la post-guerra en países desarrollados, principalmente de Europa, en donde regiones ricas e industrializadas conviven con regiones pobres y marginadas del proceso de inversión, industrialización y comercio global. El desarrollo local fue entonces concebido como un desarrollo de “abajo hacia arriba”, sobre la base de recursos y potencialidades endógenas. La creciente importancia de los proyectos y movimientos de desarrollo local comienza a tener trascendencia en países en desarrollo en la década de los años setenta, aunque en estos momentos son concebidos como proyectos de la cooperación para el desarrollo, localizados en territorios específicos.

Actualmente el concepto se ha ampliado para reivindicar asimismo la importancia de los factores endógenos en el proceso de desarrollo, enfocado en la satisfacción de las necesidades de las mayorías y en el mejoramiento de la calidad de vida humana en el ámbito local (Pérez y Carrillo 2000).

El desarrollo local se refiere a aquel proceso creciente, sostenido y equitativo de creación de condiciones para los hombres y mujeres residentes de un determinado territorio, de acceder a salud, educación, agua potable, trabajo productivo, información, ambiente sano y un marco jurídico e institucional para hacer valer sus derechos civiles, sin hipotecar o menoscabar con

ello las oportunidades de las futuras generaciones. Los procesos de desarrollo local deben surgir desde las potencialidades de las comunidades locales para satisfacer sus propias necesidades humanas, a partir del conocimiento de las oportunidades y desafíos existentes para el aprovechamiento sostenible de su entorno. Esto implica optimizar y racionalizar el empleo de los escasos recursos (eficiencia), el logro real de los objetivos y la solución de las necesidades comunitarias (eficacia), la satisfacción y receptividad de los usuarios o destinatarios de los proyectos y los servicios (efectividad), el impacto de las acciones en los diferentes sectores sociales y particularmente en los objetivos de reducción o mitigación de los niveles de pobreza (equidad), y la permanencia de los beneficios en el tiempo (sostenibilidad).

Los procesos de desarrollo local deben de adoptar tres grandes ejes conceptuales y metodológicos, siendo estos la participación, la educación y la producción.

Según Salcedo (2005) el desarrollo local en El Salvador tiene lugar a través de diversas iniciativas, tanto en el ámbito de municipios como en las asociaciones, microrregiones, mancomunidades de municipios o de las mismas cuencas hidrográficas apoyadas por diversos actores locales, nacionales e internacionales. Estas iniciativas constituyen una riqueza de experiencias, que sin embargo no corresponden con los trabajos de sistematización, evaluación y retroalimentación de las mismas. Por lo tanto, existe un vacío de datos e información sistematizada, lo cual a la vez limita la capacidad de crear conocimientos sobre los enfoques y metodologías más adecuadas para apoyar el fin último de cualquier proceso de desarrollo local: aumentar la calidad de vida y el bienestar de la mayoría de la población humana que habita el territorio de la localidad.

#### **5.4 Cuencas hidrográficas**

La cuenca hidrográfica es el espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que conduce sus aguas a un río principal, a un lago o al mar. Es un ámbito tridimensional que integra las interacciones entre la cobertura sobre el terreno, las profundidades del suelo y el entorno de la línea divisoria de las aguas. En la cuenca hidrográfica se ubican los recursos naturales suelo, agua, vegetación y otros, allí habitan las personas y en ella realizan todas sus actividades económicas y sociales, generando

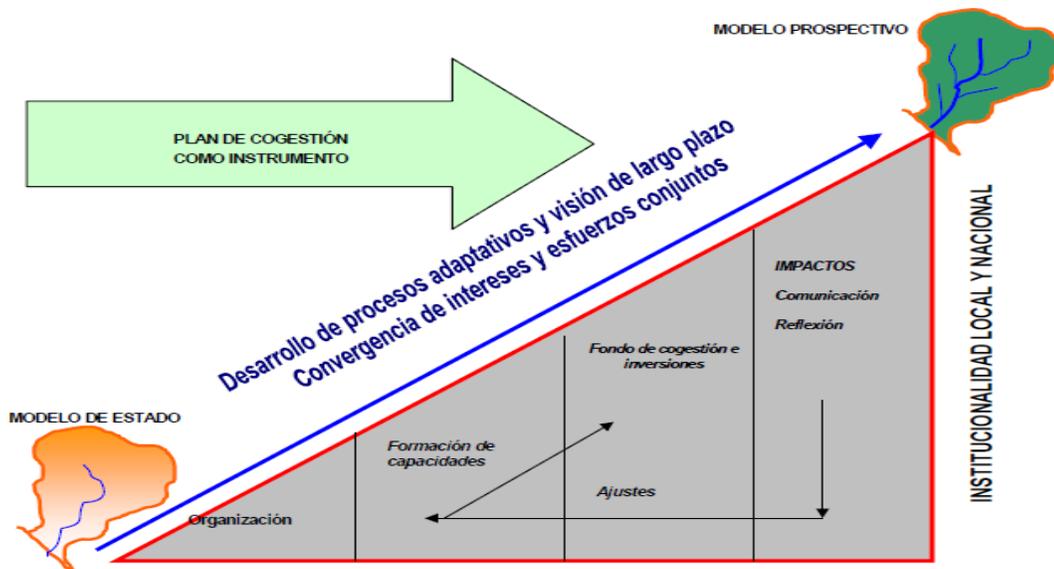
diferentes efectos favorables y no favorables para el bienestar humano (Faustino y Jiménez 2000).

En una cuenca hidrográfica se desencadenan una serie de procesos de degradación que conlleva a la pérdida de valor en el tiempo, incluyendo el potencial productivo de la tierra y las aguas, la cual procede de las características fisiográficas, el clima y el uso inadecuado de las tierras (destrucción indiscriminada de bosques, cultivos inadecuados, alteración de suelos, utilización sin control del agua), lo que ocasiona a su vez una degradación ecológica acelerada, menores oportunidades económicas y mayores problemas sociales (Sheng 1992).

Por lo que es necesario la ordenación de toda una cuenca, para ello hay que implementar procesos de formulación y ejecución de acciones que incluyan el manejo de los recursos que integran la cuenca, para la obtención de bienes y servicios, sin afectar negativamente a los recursos suelo y agua, considerando los factores sociales, económicos e institucionales que actúan dentro y fuera del área de la cuenca.

### **5.5 Cogestión de cuencas**

La cogestión de cuencas es la gestión conjunta, compartida, colaborativa, mediante la cual diferentes actores locales como productores, grupos organizados, gobiernos locales, empresa privada, organizaciones no gubernamentales, instituciones nacionales, organismos donantes y cooperantes, integran esfuerzos, recursos, experiencias y conocimientos para desarrollar procesos dirigidos a lograr impactos favorables y sostenibilidad en el manejo de los recursos naturales y el ambiente en las cuencas hidrográficas, en el corto, mediano y largo plazo (Faustino et al. 2006).



Fuente: Faustino et al. 2006.

Figura 1. Esquema de la cogestión de cuencas.

La gestión enfatiza en la participación plena y real de los actores locales en la toma de decisiones, en procesos de empoderamiento comunitario y de organización local, pero armonizados y vinculados a las competencias de los diversos niveles y sectores nacionales relacionados con el manejo y la gestión de cuencas, siendo un aspecto básico la complementariedad, armonización e integración de los roles, funciones, responsabilidades entre los actores internos y externos de la cuenca.

Para que el proceso de cogestión de cuencas sea integrado deben ejecutarse acciones que permitan obtener beneficios tanto en el aspecto productivo como en el aspecto ambiental, considerando las potencialidades y los recursos estratégicos de la cuenca (Faustino et al. 2006).

Entre los elementos que caracterizan a la cogestión de cuencas, están:

- Enfoque integral y sistémico de la cuenca, con el agua como recurso integrador de la misma.
- Participación activa, real, conjunta y colaborativa e integración de los actores clave en cada cuenca.

- Acción – investigación como mecanismo de reflexión para orientar las acciones y las tomas de decisiones.
- Innovación, generación, intercambio y sistematización colaborativa de conocimientos y experiencias.
- Utilización de mecanismos de comunicación, alianzas de aprendizaje, convergencia, retroalimentación y formación de capital humano.

### **5.6 La cuenca como sistema**

El elemento más importante en definir a la cuenca como unidad de planificación y de cogestión es, que la misma constituye un sistema. La cuenca hidrográfica concebida como un sistema significa que la cuenca es un todo, funcionalmente indivisible e interdependiente, conformada por las interrelaciones dinámicas en el tiempo y espacio de diferentes subsistemas, considerando los aspectos sociales, económicos, políticos, institucionales, culturales, legales, tecnológicos, productivos, físicos y biológicos (Jiménez 2010).

La visión de cuenca como sistema supone el reconocimiento de los siguientes elementos:

- Interacción entre la parte alta, media y baja de la cuenca, y con la zona marino –costera cuando corresponda.
- El análisis integral de las causas, efectos y posibles soluciones de los problemas.
- Identificación y uso racional de las potencialidades y oportunidades de la cuenca.
- El papel del agua como recurso integrador de la cuenca.

La visión integrada y sistémica de la gestión de cuencas conlleva dos grandes tipos de acciones: unas orientadas a aprovechar los recursos naturales existentes en la cuenca para fines de crecimiento económico, y otro grupo orientadas a manejarlos con el fin de asegurar la sostenibilidad ambiental (Jiménez 2010).

### **5.7 El agua en las cuencas hidrográficas**

Los recursos naturales de una cuenca (agua, suelo, biodiversidad) son renovables si se pueden reemplazar por la vía natural o mediante la intervención humana. Por el contrario, no son renovables cuando no se les puede reemplazar en un periodo de tiempo significativo en término de las actividades humanas a que están sometidos (Ramakrishna 1997).

La zona de cabecera de las cuencas hidrográficas garantizan la captación inicial de las aguas y el suministro de las mismas a las zonas inferiores durante todo el año. Los procesos que se realicen en la parte alta invariablemente tienen repercusiones en la parte baja dado el flujo unidireccional del agua, y por lo tanto, toda la cuenca se debe de manejar de manera integral, como una sola unidad. Al interior de la cuenca el agua actúa y funciona como distribuidor de insumos primarios (nutrientes, materia orgánica, sedimentos) producidos por la actividad sistémica de los recursos. Este proceso modela el relieve e influye en la formación y distribución de los suelos en las laderas y por ende en la distribución de la vegetación y del uso de la tierra. El sistema hídrico también refleja un comportamiento de acuerdo a como se están manejando los recursos agua, suelo y bosque, así como que actividades o infraestructuras afectan su funcionamiento (Jiménez 2010).

### **5.8 Calidad del agua**

La calidad del agua se define como las características de las aguas que puedan afectar su adaptabilidad a un uso específico. El término calidad de agua es relativo y solo tiene importancia universal si está relacionado con el uso del recurso. Bajo esta consideración se dice que un agua está contaminada cuando sufre cambios que afectan su uso real o potencial (Barrenechea 2009).

La calidad de cualquier masa de agua superficial o subterránea depende tanto de factores naturales como de la acción humana. Se puede decir que las aguas superficiales presentan condiciones que varían de una cuenca a otra por lo que la calidad de esta agua es variable con el tiempo (Sierra 2011).

El deterioro de la calidad del agua se ha convertido en motivo de preocupación a nivel mundial con el crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad industrial y agrícola, y la amenaza del cambio climático como causa de importantes alteraciones en el ciclo hidrológico.

Muchas prácticas afectan la calidad del agua, según Ongley (1997) la agricultura es el mayor usuario del agua dulce a nivel mundial y el principal factor de degradación de los recursos

hídricos superficiales y subterráneos como consecuencia de la erosión y de la escorrentía agrícola, justifica la preocupación existente por sus repercusiones en la calidad del agua a nivel mundial.

Para determinar qué tan pura o contaminada está el agua es necesario medir ciertos parámetros, los cuales están clasificados en físicos, químicos y microbiológicos, y dichos resultados se comparan con valores guías, normativa de cada país, y así clasifica si es apta o no para el uso establecido.

La baja calidad del agua afecta directamente sobre la cantidad de agua de diversas maneras. El agua contaminada que no puede utilizarse para consumo, baño, industria o la agricultura, reduce de forma efectiva la cantidad de agua disponible en una determinada cuenca.

#### **5.8.1 Problemática de la calidad del agua en el medio rural**

Se estima que en América Latina y el Caribe el 43% de la población rural no tiene acceso al abastecimiento de agua con una calidad apropiada para el consumo humano y usos domésticos como la higiene personal (Mora 1996).

Las comunidades rurales se encuentran en permanente riesgo de contraer enfermedades hídricas porque comúnmente viven sin acceso a agua segura y servicios de saneamiento. Las poblaciones que se abastecen directamente de aguas de origen superficial (ríos) se encuentran en mayor riesgo debido a que la fuente de agua está expuesta a la contaminación fecal. Las razones para ello incluyen la carencia de una apropiada disposición de excretas y factores como la defecación a campo abierto, las letrinas mal diseñadas y la presencia de animales domésticos y silvestres que actúan como reservorios de agentes patógenos (Auraso 2004).

En el país una pequeña parte de la población rural (17.8%) cuenta con servicios de abastecimiento de agua potable, de estos el 6.1% está representado por conexiones domiciliarias y el 11.7% de la población es servida a través de cantareras o pilas domiciliarias, y en muchos casos el servicio es discontinuo (ANDA 2010). Por este motivo, los pobladores la suelen almacenar en recipientes, la constante manipulación de estos recipientes incrementa la

posibilidad de que el agua se vuelva a contaminar y, por consiguiente, que aumente el riesgo de transmisión de enfermedades gastrointestinales.

El tratamiento y la desinfección efectiva del agua de consumo humano mejoran su calidad, pero en las áreas rurales se presenta una serie de factores que dificultan su ejecución, los cuales están relacionados con aspectos políticos, económicos, sociales y culturales, entre ellos están: la ubicación geográfica, dificultades en las vías de comunicación, limitada inversión en infraestructura sanitaria y programas de desinfección, en personal de operación y mantenimiento de los sistemas de servicios de agua, problemas de logística, marco institucional no definido y la falta de líderes en las comunidades (Aurazo 2004).

### **5.8.2 Contaminación del agua y su impacto**

La contaminación del agua se produce a través de la introducción directa o indirecta de sustancias sólidas, líquidas, gaseosas, así como de energía calórica, entre otras. Esta contaminación es causante de daños en los organismos vivos del ambiente acuático y, representa además, un peligro para la salud de las personas. El deterioro de la calidad del agua en sus diferentes formas representa una seria amenaza en todas las especies para las cuales este recurso es un componente de su hábitat (Sierra 2011).

Entre los contaminantes del agua más importantes se encuentran microorganismos, nutrientes, metales pesados, químicos orgánicos, aceites y sedimentos; el calor también puede ser un agente contaminante al elevar la temperatura del agua. Los contaminantes constituyen la principal causa de degradación de la calidad de agua en el mundo.

La calidad del agua y su disponibilidad son esenciales y fundamentales para la energía, el alimento y la productividad, el manejo integral de este recurso es central para la estrategia de desarrollo sustentable.

Según Ongley (1997) la contaminación del agua de fuentes no localizadas es resultado de un amplio grupo de actividades humanas en que los contaminantes no tienen un punto claro de ingreso en los cursos de agua que los reciben. Los contaminantes de procedencia no

localizada, cualquiera que sea la fuente, se desplazan por la superficie terrestre o penetran en el suelo, arrastrados por el agua de lluvia. Estos contaminantes consiguen abrirse paso hasta las aguas subterráneas, tierras húmedas, ríos y lagos y, finalmente, hasta los océanos en forma de sedimentos y cargas químicas transportadas por los ríos. Por el contrario, la contaminación proveniente de fuentes localizadas está asociada a las actividades en que el agua residual va a parar directamente a las masas de aguas receptoras, por ejemplo, mediante cañerías de descarga, en que se puede fácilmente cuantificar y controlar.

También es importante tomar en cuenta que la presencia de otros compuestos como metales pesados, compuestos orgánicos persistentes como plaguicidas, generan enfermedades a mediano y largo plazo, y pueden comprometer la herencia genética de futuras generaciones.

## **5.9 Parámetros de calidad en el agua**

La calidad del agua se determina en función de una serie de parámetros físicos, químicos y microbiológicos que caracterizan el agua en su estado natural.

### **5.9.1 Parámetros físicos**

Se clasifican como parámetros físicos aquellos que tienen incidencia directa sobre las condiciones estéticas del agua, entre estos: turbidez, color, olor, sabor, temperatura, sólidos.

#### **5.9.1.1 Turbidez**

Es la capacidad que tiene el material suspendido en el agua para obstaculizar el paso de la luz. La turbidez es ocasionada por una serie de causas, las más importantes pueden ser la erosión natural de las cuencas la cual aporta sedimentos a los cauces de los ríos. La contaminación causada por industrias en sus procesos o por desechos domésticos.

La turbidez tiene un origen inorgánico (arcillas, arenas) como es el caso de la turbidez aportada por la erosión del suelo hasta tener un alto grado de material orgánico (limo, microorganismos) ocasionado por actividades antrópicas.

### **5.9.1.2 Color**

El color es producido por descargas industriales, descomposición natural del material vegetal de las plantas (humos) y por la disolución de ciertos minerales (especialmente Hierro y Manganeso) presentes en el subsuelo.

El color es importante en el tratamiento del agua porque su presencia causa rechazo a los consumidores aunque no precisamente ocasione problemas sanitarios, cuando el color es debido a vertimientos de desechos industriales se asocia a la presencia de sustancias que son tóxicas para el organismo (Sierra 2011).

### **5.9.1.3 Olor y Sabor**

El sabor y olor del agua puede deberse a la presencia de plancton, compuestos orgánicos generados por actividad de bacterias y algas, a los desechos industriales o a la descomposición de la materia orgánica (Sierra 2011).

### **5.9.1.4 Temperatura**

La temperatura es uno de los factores físicos más importante en el agua, pues, por lo general influye en el retardo o aceleración de la actividad biológica, la absorción del oxígeno, la precipitación de compuestos, formación de depósitos y procesos de mezcla, floculación, sedimentación y filtración.

El aumento de temperatura disminuye la solubilidad de gases (oxígeno) y aumenta, en general, la de las sales. Aumenta la velocidad de las reacciones del metabolismo, acelerando la putrefacción. La temperatura óptima del agua para beber está entre 10° y 14° C. Múltiples factores, principalmente ambientales, pueden hacer que la temperatura del agua varíe continuamente.

### **5.9.1.5 Sólidos**

Se clasifican en sólidos sedimentables, sólidos en suspensión y sólidos disueltos, siendo los sólidos totales la suma de todos ellos. Estos sólidos, además de suponer la presencia de

cuerpos o sustancias extrañas que pudieran en algún caso no ser recomendables, aumentan la turbidez del agua y disminuyen la calidad de la misma.

Los sólidos totales disueltos (TDS) describen la cantidad total de sólidos que están disueltos en el agua de un cuerpo receptor, estos están relacionados con la conductividad del agua ya que un aumento de estos iones aumenta la capacidad conductiva; además, se relacionan con el grado de mineralización del agua ya que son iones de sales minerales que el agua ha conseguido disolver a su paso; dicho de otra forma, la mayoría de sólidos que permanecen en el agua tras una filtración de arena, se refiere a sólidos disueltos.

Los sólidos disueltos pueden ser orgánicos e inorgánicos, el agua incorpora estas sustancias a su paso por el suelo, la superficie y la atmosfera. Los constituyentes orgánicos provienen de la descomposición de la vegetación, de compuestos químicos orgánicos y de gases orgánicos.

### **5.9.2 Parámetros químicos**

Los parámetros químicos están relacionados con la capacidad de solvencia del agua, entre estos los más importantes a considerar para determinar la calidad del agua están: pH, dureza, sustancias orgánicas e inorgánicas, entre otras.

#### **5.9.2.1 Potencial de Hidrógeno (pH)**

Es el término utilizado para expresar la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. El pH influye en algunos fenómenos que ocurren en el agua. Por lo general, un agua con pH menor de 6,0 es considerada agresiva y corrosiva para los metales. Un pH ácido en el agua no necesariamente indica la presencia de ácidos, pues algunas sales como las de aluminio pueden generar pH 4 por hidrólisis. El pH tiene gran importancia en el tratamiento del agua, especialmente en la coagulación, desinfección y estabilización.

La medición del pH, de preferencia, debe realizarse in situ, ya que puede sufrir variación importante en el transcurso del tiempo debido a diversas causas, entre las cuales se encuentran la sobresaturación de CO<sub>2</sub>, como consecuencia de la presencia de plantas acuáticas o su contenido en el aire, reacciones químicas, temperatura. La variación del pH entre las

mediciones en campo y las realizadas en laboratorio puede llegar hasta la unidad, a pesar de haberse efectuado el mismo día.

La contaminación de los ecosistemas acuáticos, con residuos orgánicos o industriales rompen los equilibrios ecológicos, lo cual conlleva a cambios drásticos de pH y estos a su vez llevan a marcados cambios o fenómenos en la respiración y fotosíntesis, disminuyéndose así los niveles de oxígeno durante la noche y produciendo excesos de este durante el día, donde la mayoría de especies no resisten a dichos cambios y desaparecen. Estos fenómenos de polución últimamente se han incrementado por el desplazamiento de zonas agrícolas por zonas urbanas, donde la descarga de materiales orgánicos e industriales ha modificado el equilibrio del pH natural del cuerpo receptor, eliminándose así diferentes ecosistemas (Roldan 2003).

#### **5.9.2.2 Dureza**

Indica la suma de cationes polivalentes disueltos en el agua. Los cationes más frecuentes son calcio y magnesio, aunque el hierro, estroncio y manganeso pueden influir también. La dureza se registra normalmente como una cantidad equivalente de carbonato cálcico.

La dureza es función en primer lugar de la geología del área a la que está asociada el agua superficial. Las aguas que discurren sobre calizas son propensas a ser duras porque la lluvia (naturalmente ácida debido a su contenido de dióxido de carbono) disuelve la roca y se lleva los cationes disueltos al sistema acuático (Drinan y Spellman 2000).

#### **5.9.2.3 Conductividad**

La conductividad es un indicativo de las sales disueltas en el agua y mide la cantidad de iones especialmente de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$ , fosfatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos. Las aguas que tienen altas concentraciones de conductividad son corrosivas (Sierra 2011).

#### **5.9.2.4 Nitratos**

Los nitratos son derivados del Nitrógeno que se encuentra en formas diferentes en los ecosistemas acuáticos y terrestres, estas formas incluyen Amoníaco ( $\text{NH}_3$ ), Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ), Nitritos ( $\text{NH}_2$ ). Los nitratos son esenciales para el desarrollo de las plantas, pero en cantidades

excesivas pueden causar problemas de calidad de las aguas. Junto con el Fósforo, cantidades excesivas de Nitrato pueden acelerar la eutrofización, que causa un gran incremento del crecimiento de las plantas acuáticas y cambios en los tipos de plantas y animales que viven en el cauce. El exceso de Nitratos (10 mg/l o más) puede causar hipoxia (niveles bajos de Oxígeno disuelto) y puede llegar a ser tóxico para animales de sangre caliente en ciertas condiciones (Drinan y Spellman 2000).

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. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. En general, los nitratos (sales del ácido nítrico) son muy solubles en agua debido a la polaridad del ión. En los sistemas acuáticos y terrestres, los materiales nitrogenados tienden a transformarse en nitratos.

El uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, incluyendo el amoníaco, y la contaminación causada por la acumulación de excretas humanas y animales, pueden contribuir a elevar la concentración de nitratos en agua. Generalmente los nitratos son solubles, por tanto pueden movilizarse con facilidad en los sedimentos, por las aguas superficiales y subterráneas. La presencia de nitratos y nitritos no es extraña, especialmente en aguas almacenadas en cisternas en comunidades rurales.

#### **5.9.2.5 Fosfatos**

Las especies químicas de fósforo más comunes en el agua son los ortofosfatos, los fosfatos condensados (piro-, meta- y polifosfatos) y los fosfatos orgánicos. Estos fosfatos pueden estar solubles como partículas de detritus o en los cuerpos de los organismos acuáticos.

Es común encontrar fosfatos en el agua. Son nutrientes de la vida acuática y limitantes del crecimiento de las plantas. Sin embargo, su presencia está asociada con la eutrofización de las aguas, con problemas de crecimiento de algas indeseables en embalses y lagos, con acumulación de sedimentos.

Para una buena interpretación de la presencia de fosfatos en las fuentes de aguas crudas es recomendable la diferenciación analítica de las especies químicas existentes en ellas. La fuente principal de los fosfatos orgánicos son los procesos biológicos. Estos pueden generarse a partir de los ortofosfatos en procesos de tratamiento biológico o por los organismos acuáticos del cuerpo hídrico. Otra fuente importante de fosfatos en las aguas superficiales son las descargas de aguas que contienen como residuo detergentes comerciales.

Los fosfatos frecuentemente son detectados en los cuerpos de agua, los cuales provienen, por lo general, de los compuestos que se aplican como fertilizantes en zonas agrícolas y de los detergentes que se emplean en las zonas urbanas, aunque también se generan por la erosión del suelo y la materia orgánica en descomposición que se descargan de las industrias, hogares y granjas de animales domésticos. Aun cuando no se considera tóxico para los humanos y animales, los fosfatos pueden tener efectos negativos indirectos a través de la eutrofización de los cuerpos de agua superficiales, lo que implica el crecimiento explosivo de algas y el posterior abatimiento del oxígeno disuelto (Roldán 2003).

#### **5.9.2.6 Oxígeno Disuelto (OD)**

Su concentración determina la contaminación de corrientes o los cuerpos de agua, y proviene principalmente del aire. Su presencia es esencial en el agua para mantener las formas superiores de vida biológica; y el efecto de descarga de desechos en un río se determina principalmente por el balance de Oxígeno del sistema.

Las aguas limpias normalmente están saturadas con OD, pero la demanda de Oxígeno de los desechos orgánicos puede consumirlo rápidamente (Tebbutt 2002).

Niveles bajos o ausencia de oxígeno en el agua puede indicar contaminación elevada, condiciones sépticas de materia orgánica o una actividad bacteriana intensa; por ello se le puede considerar como un indicador de contaminación.

La presencia de oxígeno disuelto en el agua cruda depende de la temperatura, la presión y la mineralización del agua. La ley de Henry y Dalton dice: “La solubilidad de un gas en un

líquido es directamente proporcional a la presión parcial e inversamente proporcional a la temperatura”. El agua destilada es capaz de disolver más oxígeno que el agua cruda.

No es posible establecer un contenido ideal de oxígeno en el agua, ya que hay aspectos positivos y negativos de su presencia. Sin embargo, si el agua contiene amoníaco o hierro y manganeso en sus formas reducidas, es preferible que el OD esté cercano al punto de saturación.

#### **5.9.2.7 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

La DBO corresponde a la cantidad de oxígeno necesario para descomponer la materia orgánica por acción bioquímica aerobia, se expresa en mg/l. Esta demanda es ejercida por las sustancias carbonadas, las nitrogenadas y ciertos compuestos químicos reductores. Es una prueba que reduce a números un fenómeno natural, muy sencillo en teoría, pero en esencia muy complejo. El cálculo se efectúa mediante la determinación del contenido inicial de oxígeno de una muestra dada y lo que queda después de cinco días, conservada en un frasco cerrado a 20° C. La diferencia entre los dos contenidos corresponde a la  $DBO_5$ .

Para Barrenechea (2009) las aguas naturales además de sustancias minerales y disueltas pueden llevar en suspensión sustancias orgánicas provenientes del lavado de los suelos o del metabolismo de los organismos que viven en ellos. Además, los cuerpos de aguas superficiales pueden recibir descargas de aguas residuales de origen doméstico o industrial, las cuales provocan la polución y contaminación en niveles variables.

Las sustancias provenientes del lavado de suelos son principalmente ácidos húmicos, mientras que las producidas por el metabolismo de los organismos acuáticos son hidratos de carbono, proteínas, aminas, lípidos, así como pigmentos, hormonas y vitaminas, que funcionan como catalizadores o inhibidores de las funciones biológicas.

Las sustancias provenientes de los desechos animales son principalmente Urea o sus derivados, la cadaverina y la putrescina, entre otros. Estas sustancias orgánicas representan una fuente de alimentación para los organismos (autótrofos y heterótrofos) presentes en el

agua. Tienden a desaparecer progresivamente por oxidación, y pasar a CO<sub>2</sub>, amoníaco, nitritos, nitratos.

Por lo general, las aguas naturales no contaminadas presentan cantidades mínimas de materia orgánica, salvo aquellas que provienen de bosques o aguas estancadas. La materia orgánica puede ser en muchos casos, la responsable del color, olor y el sabor del agua, los cuales deben ser eliminados durante el tratamiento a fin de hacerla apta para el consumo humano.

Las aguas naturales no contaminadas poseen por lo general bajas concentraciones de materia orgánica disuelta las cuales pueden oscilar según Roldán (2003), por niveles menores de 2 mg/l; por otro lado, la contaminación proveniente de desechos domésticos o industriales puede agotar el oxígeno del agua, pues la materia orgánica lo requiere para su descomposición. El exceso de materia orgánica agota el oxígeno, y por ende el agua adquiere una apariencia de un color turbio grisáceo y con un olor característico de huevo podrido (ácido sulfhídrico). Es de esperarse tanto, una fuerte reducción de la diversidad de especies de macro invertebrados, quedando por lo regular grandes números de aquellas especies que se adapten a dichas condiciones, entre estos están los tubificidos y quironómidos rojos.

#### **5.9.2.8 Metales pesados**

La presencia de metales en el agua se debe a la capacidad que tiene esta de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferentes tamaños y pesos.

Los seres vivos necesitan cantidades traza de algunos metales pesados, que son: cobalto, cobre, hierro, manganeso, molibdeno, vanadio, estroncio y zinc. Los niveles excesivos de metales pesados esenciales pueden ser dañinos para el organismo. Los metales pesados no esenciales de interés particular en los sistemas de agua superficial son: cadmio, cromo, mercurio, plomo, arsénico y antimonio.

En las aguas superficiales y subterráneas se observa un proceso de contaminación de metales pesados. Las concentraciones elevadas de estas sustancias representan una amenaza para la salud de personas y animales. Hasta cierto punto, estos metales pesados se acumulan en el suelo, desde donde son absorbidos por los cultivos (Drinan y Spellman 2000).

### **5.9.3 Parámetros microbiológicos**

Los microorganismos más importantes que se pueden encontrar en las aguas son: bacterias, virus, hongos, protozoos y distintos tipos de algas.

#### **5.9.3.1 Coliformes totales**

Las coliformes totales incluyen una amplia variedad de bacilos aerobios y anaerobios facultativos, gran negativos y no esporulantes, capaces de proliferar en presencia de concentraciones relativamente altas de sales biliares fermentando la lactosa y produciendo ácido o aldehído en 24 horas a 35° – 37° C. *Escherichia coli* y los coliformes termolábiles son un subgrupo del grupo de los coliformes totales que pueden fermentar la lactosa a temperaturas más altas. Las bacterias pertenecientes al grupo de los coliformes totales (excluida *E. Coli*) están presentes tanto en aguas residuales como en aguas naturales. Algunas de estas bacterias se excretan en las heces de las personas y animales, pero muchos coliformes son heterótrofos y capaces de multiplicarse en suelos y medios acuáticos. Los coliformes totales pueden también sobrevivir y proliferar en sistemas de distribución de agua, sobretodo en presencia de biopelículas (OMS 2006).

Desde el punto de vista bacteriológico, para definir la potabilidad del agua es preciso determinar la presencia de bacterias aerobias mesófitas, y coliformes fecales y totales.

Los coliformes fecales indican contaminación fecal, las aerobias mesófitas determinan efectividad del tratamiento de aguas.

### **5.10 Índice de Calidad del Agua (ICA)**

El propósito de la determinación del Índice de Calidad del Agua es simplificar en una expresión numérica las características positivas o negativas de cualquier fuente de agua.

El índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por la Fundación de Sanidad Nacional de EE. UU. (NSF), es ampliamente utilizado, fue diseñado en 1970 y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los ríos a través del tiempo (SNET 2009).

Para la determinación del ICA intervienen nueve parámetros los cuales son: coliformes fecales (en NMP/100 ml), pH (en unidad de pH), Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días ( $DBO_5$  en mg/l), Nitratos ( $NO_3^-$  en mg/l), Fosfatos ( $PO_4^{-3}$  en mg/l), Turbidez (en FAU), cambio de temperatura (en °C), Sólidos Disueltos Totales (en mg/l), Oxígeno Disuelto (OD en porcentaje de saturación) (SNET 2009).

El “ICA” adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100, que va disminuyendo con el aumento de la contaminación del curso de agua en estudio (cuadro 2).

- Las aguas con ICA mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de vida acuática y son apropiadas para todo tipo de recreación y para la toma de agua para potabilización.
- Las aguas con un ICA de categoría Regular tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de algas.
- Las aguas con un ICA de categoría Mala pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.
- Las aguas con un ICA que caen en categoría Pésima pueden solamente apoyar un número limitado de las formas de vida acuática, presentan problemas abundantes y normalmente no serían consideradas aceptables para actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación y otras actividades (SNET 2009).

Cuadro 2. Clasificación del ICA según Brown.

Calidad del agua	Color	Valoración
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: SNET, 2009.

### 5.11 Normativas relacionadas con el agua en El Salvador

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

Muchas cuestiones jurídicas relacionadas con el agua no se pueden resolver porque las leyes, reglamentos y políticas carecen de directrices claras para su aplicación, algunas son obsoletas y hay discrepancia entre los diferentes entes reguladores.

La normativa relacionada al recurso hídrico vigente en el país está constituida por:

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

El Código Municipal (Decreto Legislativo 274, 1986), hace referencia a la competencia de los municipios para el incremento y protección de los recursos renovables y no renovables y le da atribuciones y jurisdicción en su territorio a través de las ordenanzas, incluyendo la gestión de los recursos naturales (Ministerio del Interior 1986).

El Código Penal (Decreto Legislativo 1030, Artículos 255, 256 y 276, abril de 1997), establece penas que van desde tres a diez años de cárcel, al que provoque directa o indirectamente, emisiones, radiaciones o vertidos de cualquier naturaleza en aguas terrestres, superficiales, subterráneas o marítimas, en contravención a las leyes y reglamentos y que se ponga en peligro grave la salud o calidad de vida de las personas o equilibrio del medio ambiente. Así como también, el que envenene, contamine o adultere el agua destinada a uso y consumo de las personas (Ministerio de Justicia 1997).

El Código de Salud (Decreto Legislativo 955, 1988), determina la Norma de Calidad del Agua, el control de vertidos y las zonas de protección. Le otorga al Ministerio de Salud Pública la atribución para desarrollar programas de saneamiento ambiental, disposición adecuada de excretas y aguas servidas, abastecimiento de agua potable para comunidades, así como el control de contaminación del agua (MSPAS 1988).

La Ley de Riego y Avenamiento (Decreto Legislativo 153, noviembre de 1970), Artículos 100 y 101, establecen que las aguas superficiales y subterráneas son propiedad del estado. Norma la extracción de agua para riego. Para verter aguas inficionadas, residuos cloacales o aguas servidas de cualquier clase en los cauces naturales o artificiales deben tratarse o depurarse previamente (MAG 1970).

La Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillado (ANDA), regula la extracción del agua a nivel del país (ANDA 1961).

Ley sobre la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su reglamento (derogado), es una ley básica para poder legislar los diferentes usos del agua (MIPLAN 1981).

Ley del Medio Ambiente (Decreto Legislativo 233, marzo de 1998). Artículos 46, 47, 49 y 70. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales es el responsable de vigilar la disponibilidad y calidad del agua, del tratamiento previo de vertidos y sustancias contaminantes. Elaborará los reglamentos necesarios para la gestión, uso, protección y manejo de las aguas tomando en cuenta la legislación vigente (MARN 1998).

Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección (Decreto Legislativo 51, 1987), tiene por objeto desarrollar los principios de la Ley de Gestión Integrada de los Recursos Hídricos y su Reglamento, se orienta a evitar, controlar o reducir la contaminación del agua por vertidos domésticos, industriales o de cualquier índole, a la vez establece normas sobre depuración y tratamiento de aguas y sus respectivas sanciones (MIPLAN 1987).

En el país se utiliza la normativa emitida en este decreto 51 para evaluar la calidad de las aguas superficiales y así valorar la aptitud de uso del agua cruda para potabilizar por métodos convencionales.

Cuadro 3. Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección.

Parámetros	Unidad	Rango
DBO <sub>5</sub>	mg/l	3.0 – 4.0
Coliformes fecales	NMP/100 ml	1,000
Oxígeno Disuelto	mg/l	4.0 – 6.5
pH	-	6.5 – 9.2
Cloruros	mg/l	50 -250
Color aparente	Unidades de Co-Pt	20 - 150
Turbidez	UNT	10 - 250
Fenoles	mg/l	0.005
<b>Parámetro adicionales tomados por el MARN</b>		
Cobre	mg/l	0.1 – 1.0
Nitratos	mg/l	45
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	300 - 600
Zinc	mg/l	5.0

Fuente: Decreto 51, MIPLAN (1987).

Actualmente existen normas técnicas que regulan la calidad del agua, entre estas: Norma técnica para agua potable, Norma de agua envasada, Normativa técnica de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.

### 5.11.1 Norma Salvadoreña de Agua Potable NSO 13.07.01:08 (junio 2009)

Esta norma tiene por objeto establecer los requisitos físicos, químicos y microbiológicos, que debe cumplir el agua potable para proteger la salud pública. Se aplica en todo el territorio nacional y considera todos los servicios públicos, municipales y privados, sea cual fuere el sistema o sistemas de distribución (CONACYT 2009).

Cuadro 4. Norma Obligatoria de Agua Potable, parámetros microbiológicos.

Parámetros	Valor máximo admisible	
	Filtración por membranas	Tubos múltiples
Bacterias coliformes totales	Unidad Formadora de Colonia/100 ml	
Bacterias coliformes fecales	0 UFC/100 ml	Negativo
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	Negativo
Conteo bacterias heterótrofas, aerobias y mesófitas	100 UFC/ml máx.	

Fuente: NSO 13.07.01:08, CONACYT (2009).

Cuadro 5. Norma Salvadoreña de Agua Potable, parámetros Físicos y Químicos.

Parámetros	Unidad	Valor recomendado	Valor máximo admisible
pH	-	6.0 - 8.5	
Sólidos Totales Disueltos	mg/l	300	600
Temperatura	°C	18 -30	NR
Turbidez	UNT	1	5.00
Calcio	-		75.00
Cobre	mg/l	0.10	1.00
Dureza total (CaCO <sub>3</sub> )	mg/l	30.00	350.00
Hierro total	mg/l	0.05	0.30
Manganeso	mg/l	0.05	0.10
Potasio	mg/l	-	10.00
Sodio	mg/l	25.00	150.00
Sulfatos	mg/l	25.00	250.00
Aluminio	mg/l	-	0.05
Arsénico	mg/l	-	0.01
Cadmio	mg/l	-	0.003
Nitrato (NO <sub>3</sub> ) <sup>-</sup>	mg/l	-	45.00
Plomo	mg/l	-	0.01
Zinc	mg/l	-	5.00

Fuente: NSO 13.07.01:08, CONACYT (2009).

### 5.11.2 Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09

En esta norma el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores. Se aplica en todo el país para las descargas de aguas residuales vertidas a cuerpos receptores superficiales y deben cumplirse los valores permisibles establecidos. Esta normativa a pesar de estar vigente, no se está cumpliendo en su totalidad, ya que existen muchas residenciales que descargan sus aguas directamente a cuerpos de agua sin haber dado un tratamiento previo, así como hay empresas que generan residuos y desechos líquidos en sus procesos productivos y no están dando el debido tratamiento, y es por eso que la calidad del agua de los ríos se ve degradada a nivel de las diferentes cuencas del país (CONACYT 2009).

Según reporte estadístico de ANDA (2010), se estima que de los 262 municipios que conforman el país, el suministro de agua potable es administrada por ANDA en 168 municipios, y 89 municipios son administrados por las alcaldías municipales, juntas de aguas, empresas de capital mixto y otras. De los administrados por ANDA 81 municipios cuentan con sistemas de alcantarillado sanitario, y de estos solamente 8 cuentan con planta de tratamiento de aguas residuales de tipo doméstico. Respecto a la calidad de las aguas residuales, la situación es alarmante ya que la mayor parte es arrojada a los ríos, prácticamente sin ningún tratamiento, por lo que se estima que solo un 3% de las aguas residuales reciben tratamiento.

Cuadro 6. Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, tipo Ordinario.

Parámetros	Unidad	Valores máximos permisibles
DQO	mg/l	150.00
DBO <sub>5,20</sub>	mg/l	60.00
Sólidos sedimentables	ml/l	1.00
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	60.00
Coliformes fecales	Número Más Probable/100 ml	2,000
Coliformes totales	Número Más Probable/100 ml	10,000

Continuación cuadro 6. Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, tipo Ordinario		
Parámetros	Unidad	Valores máximos permisibles
pH	-	5.50 - 9.00
Hierro total	mg/l	10.00
Manganeso	mg/l	2.00
Sulfatos	mg/l	1000
Aluminio	mg/l	5.00
Arsénico	mg/l	0.10
Cadmio	mg/l	0.10
Plomo	mg/l	0.40
Zinc	mg/l	5.00

Fuente: NSO 13.49.01:09, CONACYT (2009).

## VI. Metodología

### 6.1 Ubicación de la zona de estudio

La investigación fue realizada en las cuencas El Jute y San Antonio en un periodo de un año, las cuales están comprendidas en un área total de 44.14 km<sup>2</sup> con un perímetro de 59 km, ubicadas entre los municipios de Nuevo Cuscatlán, Zaragoza, San José Villa Nueva, Santa Tecla y La Libertad, en el departamento de La Libertad, en la zona centro oriental de la Región Hidrográfica E Mandinga - Comalapa.

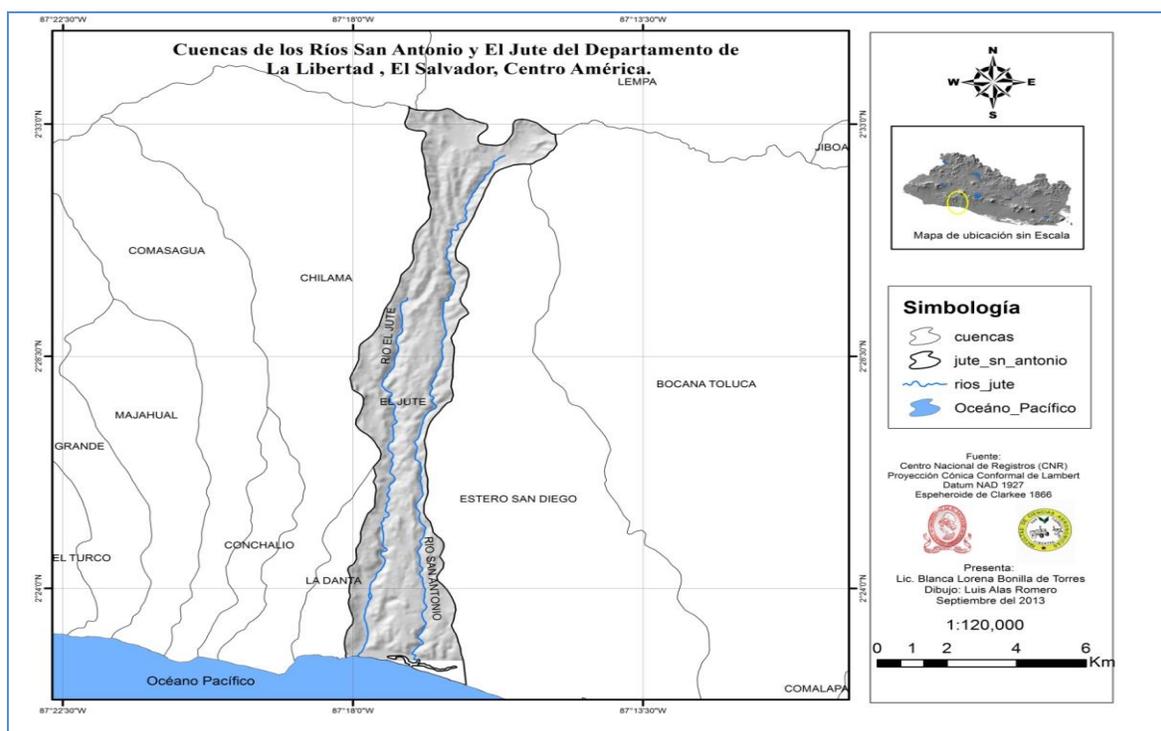


Figura 2. Ubicación de las cuencas El Jute y San Antonio.

En las cuencas El Jute y San Antonio se encuentran dos ríos en paralelo, río El Jute al oeste y al este el río San Antonio, cuyo nacimiento tiene lugar en las inmediaciones del núcleo urbano de Nuevo Cuscatlán. En ambos ríos el drenaje es de tipo paralelo, con longitudes aproximadas de 13 y 20 km respectivamente.

### 6.2 Selección de puntos de muestreo para determinar la calidad del agua

Los sitios de muestreo fueron seleccionados por personal de ACUA, considerando las necesidades y problemas con respecto al recurso hídrico que presentan las comunidades de los

municipios de Nuevo Cuscatlán, Santa Tecla, Zaragoza, San José Villa Nueva y La Libertad, ubicadas en ambas cuencas y tomando como criterios aquellos manantiales, pozos, ríos, cantareras y sistemas de abastecimiento de agua comunales, municipales y gubernamentales, de donde de abastece la mayoría de la población y de los cuales se desconoce el estado actual de la calidad físico-química y microbiológica del agua, también, se incluyeron aguas residuales que son descargadas a quebradas y que se desconoce su calidad.

Para ello se seleccionaron 59 sitios de muestreo: 11 de ríos, considerándose los ríos el Jute y San Antonio de la parte alta, media y baja, 7 de quebradas donde son descargadas aguas residuales de tipo doméstico e industrial, 9 de manantiales, 10 de pozos y 22 de sistemas de abastecimiento de agua (anexos 1, 2, 3, 4, 5 y 6). En los cuadros 7, 8, 9 y 10 se detallan los sitios de muestreo de agua para las cuencas El Jute y San Antonio.

Cuadro 7. Sitios de recolección de muestras de agua de río.

Municipio	Cantón	Comunidad	Lugar de muestreo	No. de referencia
San José Villa Nueva	El Matazano	El Matazano	Río San Antonio	05140203-RANTON
	Las Dispensas	Santa María		05140301-RANTON
	Tula	El Guayabo		05140406-RANTON
		El Porvenir		05140407-RANTON
La Libertad	Tepeagua	Tepeagua		05090905-RANTON
	San Diego	Ticuiziapa		05090701-RANTON
San Tecla	Ayagualo	Ayagualo	Río El Jute	05110205 - RJUTE
Zaragoza	San Sebastián	La Esmeralda		05220401 - RJUTE
	San Francisco	Montimar		05220319 - RJUTE
	Guadalupe	Agua Escondida No. 2		05220203 - RJUTE
La Libertad	El Cimarrón	El Jute 1		05090309 - RJUTE

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 8. Sitios de recolección de muestras de aguas residuales.

Municipio	Cantón	Comunidad	Lugar de muestreo	No. de referencia
Nuevo Cuscatlán	Nuevo Cuscatlán	Vía del Mar	Quebrada La Esmeralda	05100113-R01
Santa Tecla	Ayagualo	Ayagualo	Canaleta las Piletas	05110201-R02
			Quebrada Cristo Negro	05110205-R03

Continuación cuadro 8. Sitios de recolección de muestras de aguas residuales.				
Municipio	Cantón	Comunidad	Lugar de muestreo	No. de referencia
Zaragoza	San Francisco	El Zaito	Quebrada El Zaito	05220313-R04
		Brisas de Zaragoza	Quebrada planta de tratamiento Zaragoza	05220315-R05
			Quebrada Planta de Tratamiento Brisas de Zaragoza	05220315-R06
		El Cedral	Quebrada El Cedral	05220302-R07

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 9. Sitios de recolección de muestras de agua de pozos y manantiales.

Municipio	Cantón	Comunidad	Lugar de muestreo	No. de referencia
Nuevo Cuscatlán	Nuevo Cuscatlán	Zamora Rivas	Pozo No. 1	05100105 -FU12
			Pozo de José Portillo	05100105 -FU13
			Pozo de Marcos López	05100105 -FU14
			Cisterna	05100105 -FU15
	Casco Urbano		Pozo Industrial	05100114 -FU16
San José Villa Nueva	El Matazano	San Ernesto	Manantial el Cedro	05140202 -FU01
	Las Dispensas	Santa María	Manantial la Pila	05140301 -FU03
	Tula	Complejo San José No. 2	Manantial el Tanque	05140402 -FU05
		El Porvenir	Manantial Muyuapa	05140407 -FU11
Zaragoza	El Barillo	El Progreso	Manantial El Guarumo	05220108 -FU39
	San Francisco	Villas de Zaragoza	Manantial El Tanque	05220312 -FU02
		La Borja	Manantial El Tanque	05220304 -FU04
	Guadalupe	Agua Escondida No. 2	Pozo de Ricardo Martínez	05220203 -FU41
La Libertad	El Cimarrón	Camino al mar	Manantial La Zona Verde	05090308 -FU07
		Camino al mar	Pozo	05090308 -FU40
	Tepeagua	San Isidro	Pozo El Mango	05090902 -FU24
		Tepeagua	Pozo Protegido	05090905 -FU26
		Tepeagua	Pozo artesanal	05090905 -FU27
		El Sálamo	Manantial Las Pilas	05090907 -FU28

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 10. Sitios de recolección de muestras de agua de sistemas de abastecimiento.

Municipio	Cantón	Comunidad	Lugar de muestreo	No. de referencia
Nuevo Cuscatlán	Nuevo Cuscatlán	Casco Urbano	Tanque de distribución	05100114 -FU17
		Mirapueblos	Pasaje el Tanque	05100115 -FU18
San José Villa Nueva	Tula	La Fortaleza	Casa de María Lucía Mira	05140405 -FU31
	Las Dispensas	Las Dispensas Centro	Casa de Yesenia Esmeralda Matute	05140302 -FU33
	El Matazano	El Matazano	Cantarera	05140203 -FU37
Zaragoza	El Barillo	Loma Linda	Cantarera Loma Linda	05220106 -FU34
		El Progreso 2	Cantarera No. 1	05220108 -FU38
	Guadalupe	San Francisco El Jiote	Casa de Consuelo Rodezno López	05220201 -FU29
		Agua Escondida No. 1	Casa de Mercedes Ayala	05220202 -FU25
		Agua Escondida No. 2	Tanque de distribución	05220203 -FU06
	San Francisco	El Corralito	Cantarera No. 2	05220316 -FU30
		El Rastro	Casa de Xiomara Elizabeth Gómez	05220306 -FU32
		El Zaito 2	Casa de Alejandra Arévalo	05220313 -FU36
	San Sebastián	Asuchío	Chorro en oficina del sistema	05220402 -FU35
	La Libertad	El Cimarrón	Gallo Solo	Ojo de agua
El Coplanar			Tanque de distribución de ASCOBAPCO	05090301 -FU19
El Coplanar			Vivienda del sistema ASCOBAPCO	05090301 -FU22
Camino al Mar			Camino Brisas del Mar	05090308 -FU20
Camino al Mar			Vivienda del sistema Brisas del Mar	05090308 -FU21
El Triunfo			El Tanque	05090303 -FU23
San Diego		Ticuiziapa	El Triángulo	05090701 -FU08
Tepeagua		Bosque Verde	Tanque la Esperanza	05090906 -FU10

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3 Muestreo de aguas

El muestreo de agua se realizó en manantiales, pozos y sistemas de abastecimiento en el periodo de septiembre a noviembre del año 2013, en ríos el muestreo fue dividido en dos etapas: época lluviosa año 2013 y época seca año 2014.

El trabajo de campo se realizó en coordinación con ACUA, y se procedió al análisis de parámetros de campo, llenado de hoja de muestreo (anexo 7), georreferenciación y toma de fotografías. Luego se realizó el muestreo de agua en cada uno de los sitios seleccionados, para ello se recolectó un total de cuatro muestras en frascos de polietileno, dos en frascos de capacidad de 1 litro utilizadas para realizar análisis físico-químico y dos en frascos de capacidad de 500 ml, una muestra para determinación de arsénico y la otra para análisis microbiológico, el muestreo se realizó utilizando procedimiento de muestreo establecido por métodos normalizados para análisis de agua potable y residual (anexo 8), dichas muestras fueron preservadas (cuadro 11) y trasladadas al laboratorio de Investigación y Diagnóstico del Departamento de Protección Vegetal y al laboratorio de Química Agrícola del Departamento de Química Agrícola en la Facultad de Ciencias Agronómicas y al laboratorio de aguas de la Facultad de Química y Farmacia, los tres de la Universidad de El Salvador, para su procesamiento el mismo día de la recolección.

Cuadro 11. Recipientes para muestreo y preservación de muestras de agua.

Parámetro	Tipo de recipiente	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento
Arsénico	Polietileno	Enfriar a 4° C	6 meses
Aluminio, cobre, cadmio, hierro, manganeso, plomo, sodio y zinc	Polietileno	2 ml de ácido Nítrico concentrado, pH < 2	6 meses
Cloro libre	Polietileno	Enfriar a 4° C	Determinar en sitio de muestreo
Demanda Bioquímica de Oxígeno	Polietileno	Enfriar a 4° C	4 horas
Demanda Química de Oxígeno	Polietileno	Enfriar a 4° C	4 horas
Dureza total	Polietileno	Enfriar a 4° C	6 meses
Oxígeno Disuelto	Polietileno	Enfriar a 4° C	24 horas

Continuación cuadro 11. Recipientes para muestreo y preservación de muestras de agua.			
Parámetro	Tipo de recipiente	Preservante	Tiempo máximo de almacenamiento
pH	Polietileno	De preferencia tomar inmediatamente	
Pruebas microbiológicas	Polietileno	Enfriar a 4° C	No exceder de 6 horas
Sólidos totales disueltos	Polietileno	Enfriar a 4° C	7 días
Sulfatos	Polietileno	Enfriar a 4° C	7 días
Temperatura	-	Analizar inmediatamente	Determinar en sitio de muestreo

Fuente: NSO 13.07.01:08, CONACYT (2009).

#### 6.4 Parámetros de calidad evaluados y metodologías utilizadas

Para la determinación de parámetros de calidad en las muestras de agua se tomaron como referencia las normativas de agua vigentes en el país (cuadros 12 y 13) con el propósito de determinar sus características físico, químicas y bacteriológicas. Los resultados fueron comparados con los valores de norma correspondiente para establecer si cumplen o no, según el objetivo de estudio.

**Agua de ríos:** para evaluar la calidad ambiental de los ríos El Jute y San Antonio se aplicó el Índice de Calidad del Agua (ICA) (anexo 9) que incluye nueve parámetros: Demanda Bioquímica de Oxígeno (anexo 10), oxígeno disuelto (anexo 11), pH (anexo 12), coliformes totales y fecales (anexo 13), temperatura (anexo 14), sólidos totales disueltos (anexo 15), Nitratos (anexo 16), Fosfatos (anexo 17), y turbidez (anexo 18), el cual para condiciones óptimas adopta un valor máximo determinado de cien, valor que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el agua en estudio, hasta un valor de cero.

**Evaluación de aptitud de uso en aguas superficiales:** para evaluar la aptitud de uso del agua cruda para potabilizar por métodos convencionales en las aguas superficiales de los ríos El Jute y San Antonio se utilizó la normativa emitida en el Decreto 51 del diario oficial del país.

**Agua de manantiales y pozos:** a las muestras de agua procedentes de manantiales y pozos se les determinaron parámetros según la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08.

**Agua de sistemas de abastecimiento:** a las muestras de agua procedentes de sistemas de abastecimiento se les determinaron parámetros según la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08 (anexos del 19 al 26)

**Aguas residuales:** a las muestras procedentes de descargas de aguas residuales se les determinaron parámetros según Norma Salvadoreña Obligatoria de descarga de agua a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09, tipo Ordinario.

Cuadro 12. Parámetros medidos en campo

Parámetro	Unidad	Metodología	Fuentes de agua			
			Río	Quebrada	Manantial o pozo	Sistema de abastecimiento
Temperatura ambiente	°C	Método directo con termómetro	X			
Temperatura del agua	°C	Método directo con termómetro	X	X	X	X
Concentración de iones hidrógeno		Método potenciométrico.	X	X	X	X
Cloro Residual	mg/l	Método colorimétrico				X

X indica parámetro a determinar en muestra de agua.

Cuadro 13. Parámetros medidos en laboratorio.

Parámetro	Unidad	Metodología	Fuentes de agua			
			Río	Quebrada	Manantial o pozo	Sistema de abastecimiento
<b>Parámetros físicos</b>						
Concentración de iones hidrógeno		Método potenciométrico.	X	X	X	X
Temperatura	°C	Método directo con termómetro	X	X	X	X
Sólidos totales disueltos	mg/l	Método potenciométrico	X	X	X	X
Turbidez	UNT	Método Nefelométrico	X	X	X	X

Continuación cuadro 13. Parámetros medidos en laboratorio.						
Parámetro	Unidad	Metodología	Fuentes de agua			
			Río	Quebrada	Manantial o pozo	Sistema de abastecimiento
<b>Parámetros químicos</b>						
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO <sub>5</sub> )	mg/l	Método potenciométrico	X	X		
Oxígeno disuelto (OD)	mg/l	Método potenciométrico	X	X		
Demanda Química de Oxígeno	mg/l	Método Fotométrico		X		
Dureza total	mg/l	Método volumétrico			X	X
Nitratos	mg/l	Método colorimétrico	X	X	X	X
Fosfatos	mg/l	Método colorimétrico	X	X		
Sulfatos	mg/l	Método gravimétrico		X	X	X
Aluminio	mg/l	Método colorimétrico		X	X	X
Arsénico	mg/l	Método colorimétrico		X	X	X
Cadmio	mg/l	Método colorimétrico				X
Cobre	mg/l	Método colorimétrico		X	X	X
Manganeso	mg/l	Método colorimétrico		X	X	X
Plomo	mg/l	Método colorimétrico		X	X	X
Hierro	mg/l	Método espectrofotométrico de absorción atómica		X	X	X
Zinc	mg/l	Método espectrofotométrico de absorción atómica		X	X	X
<b>Parámetros microbiológicos</b>						
Bacterias Coliformes fecales	NMP/100 ml	tubos múltiples	X	X	X	X
Bacterias Coliformes totales	NMP/100 ml	tubos múltiples	X	X	X	X
Bacterias heterótrofas	UFC/ml	placa vertida			X	X

X indica parámetro a determinar en muestra de agua.

## 6.5 Elaboración de propuesta de manejo y sostenibilidad del recurso hídrico

### 6.5.1 Diagnóstico sobre el estado actual de las fuentes de agua

Se realizó un diagnóstico participativo a través de talleres con las comunidades usuarias de los sistemas de agua, entrevistas con técnicos de organizaciones locales, alcaldías, el cual incluyó:

- La calidad actual que presenta el agua considerándose aquellas fuentes de donde las comunidades se abastecen, esto incluye sistemas de abastecimiento tanto comunitarios, municipales y gubernamentales, ríos, pozos y manantiales. Los resultados fueron comparados con la normativa de agua vigente y se generó un informe de análisis para cada comunidad usuaria, el cual fue entregado por ACUA (anexo 27).
- Capacitación sobre muestreo y análisis físicos y químicos de agua superficial y de sistemas de abastecimiento a las comunidades considerándose la parte alta, media y baja de las cuencas (anexo 28).
- Cobertura y acceso al agua potable.
- Descripción de los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua potable.
- Diagnóstico del estado actual de los sistemas domiciliarios comunitarios de agua, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

**a. Aspectos organizacionales**

- Organización del sistema

**b. Aspectos administrativos**

- Cuota
- Medición
- Registro de documentación
- Moras por falta de pago por servicio

**c. Aspectos de calidad de servicio**

- Cobertura de agua
- Calidad del servicio
- Atención al cliente

**d. Aspectos ambientales**

- Medio ambiente
- Educación ambiental

**e. Aspectos legales**

- Legalidad del sistema

### **6.5.2 Elaboración de propuestas de manejo y sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua.**

Con base al diagnóstico realizado se pudieron identificar los problemas con respecto al recurso hídrico que existen en las cuencas El Jute y San Antonio, sirviendo este de base para la generación de propuestas de manejo y sostenibilidad de los sistemas de abastecimiento de agua, las cuales deben de ser implementadas en las comunidades con el apoyo de organizaciones locales que tienen influencia en la zona como: Alcaldías, Ministerio de Salud, Organizaciones No Gubernamentales como ACUA, Miembros del Comité de Rescate de las Cuencas del Sur de La Libertad (CORCULL), administradores de sistemas de agua, entre otros, para contribuir a que las comunidades ubicadas en estas cuencas mejoren la gestión del agua y resuelvan los problemas encontrados con respecto a la pérdida de calidad y cantidad de agua.

## VII. Análisis de Resultados

### 7.1 Calidad ambiental del agua de los ríos El Jute y San Antonio

A las aguas de los ríos el Jute y San Antonio se les determinó el Índice de Calidad del Agua (ICA), considerándose 11 sitios comprendidos en la parte alta, media y baja de los ríos El Jute y San Antonio. Los resultados obtenidos expresan que en época lluviosa de los 11 sitios evaluados, ninguno presenta calidad Excelente (cuadro 14), teniendo en el 91% de los sitios agua con calidad Mala, lo cual la limita para el desarrollo de vida acuática y la restringe para uso humano; solamente el 9% que corresponde al sitio 05110205 - RJUTE localizado en el nacimiento del río El Jute, presenta agua con categoría de Regular desde el punto de vista de su calidad ambiental.

En la época seca (cuadro 15) el agua se encuentra en la misma categoría que en época lluviosa, en cada uno de los sitios evaluados, pero con una disminución en sus valores de la escala del ICA (figuras 3 y 4), lo cual indica un incremento en el deterioro de la calidad del agua desde el punto de vista ambiental.

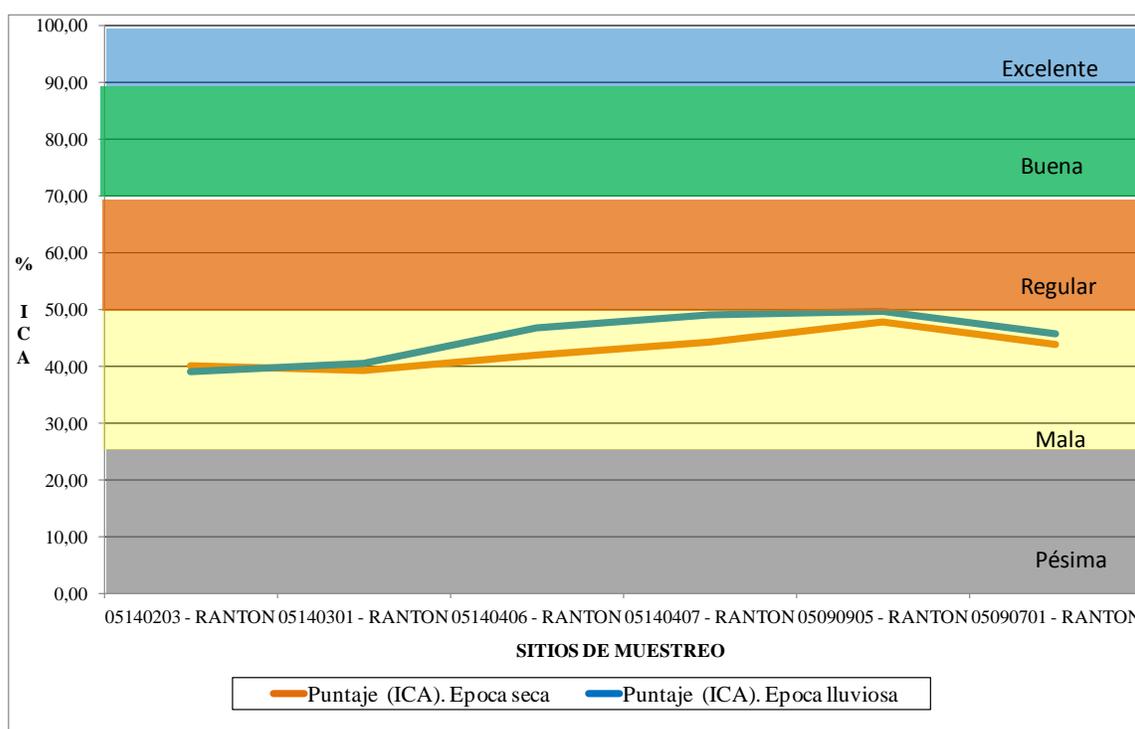


Figura 3. Grafica de resultados del ICA en época lluviosa y época seca, río San Antonio.

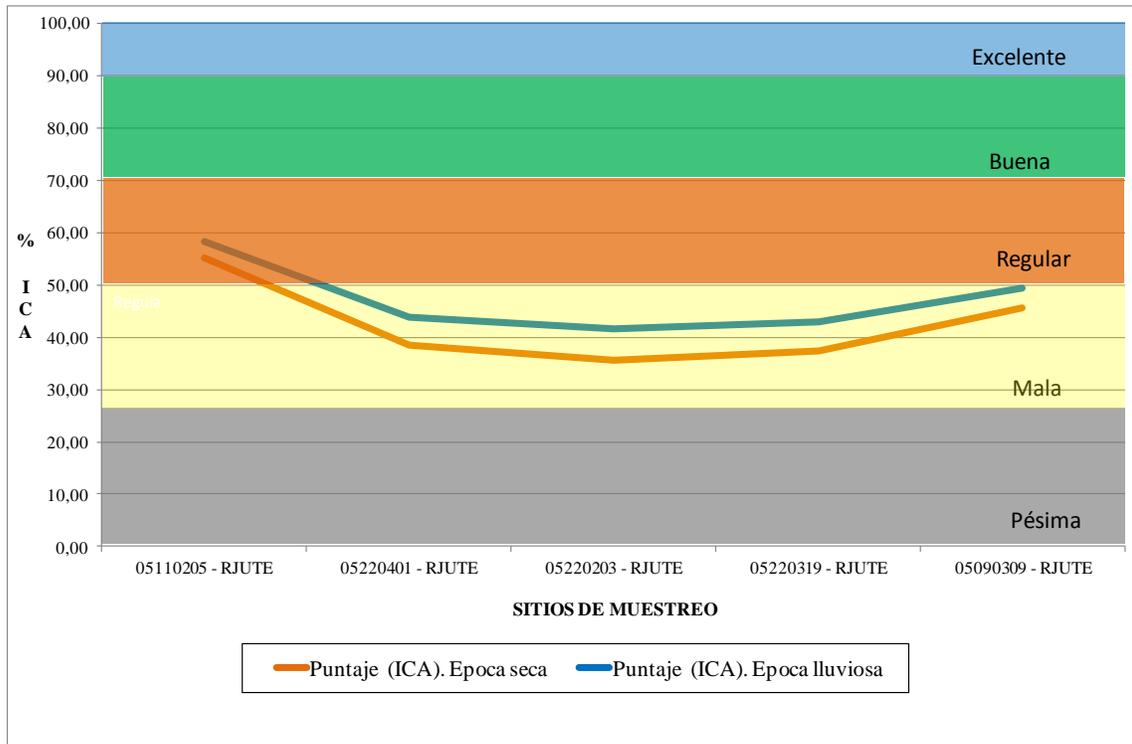


Figura 4. Grafica de resultados del ICA en época lluviosa y época seca, río El Jute.

En general, el agua de los ríos El Jute y San Antonio no presenta calidad que permita el desarrollo de vida acuática y la restringe para uso humano, limitándola a que sea utilizada para realizar actividades como lavado de ropa, baño y consumo humano, ya que se evidencia el grado de contaminación del agua superficial por todo el cauce de ambos ríos.

Cuadro 14. Resultados de los parámetros de calidad para calcular el ICA en época lluviosa.

No. de Referencia	Comunidad	pH	Temperatura ambiente	Temperatura del agua	Turbidez	Sólidos totales disueltos	Nitratos	Fosfatos	Oxígeno Disuelto	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Coliformes fecales	Puntaje (ICA)	Clasificación (ICA)
			°C	°C	FAU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	% de saturación	mg/l	NMP/100 ml		
05140203 - RANTON	El Matazano	7,90	28,00	25,00	250,00	172,80	17,10	1,40	3,78	49,10	1,62	≥1,600	39,04	Mala
05140301 - RANTON	Santa María	7,20	27,00	25,00	200,00	161,10	14,70	1,10	4,79	57,40	5,52	≥1,600	40,59	Mala
05140406 - RANTON	El Guayabo	7,00	29,00	25,00	26,00	159,60	14,80	1,10	4,97	60,30	8,64	≥1,600	46,78	Mala
05140407 - RANTON	El Porvenir	7,40	27,00	26,00	72,00	159,00	14,30	1,10	5,19	65,90	5,22	≥1,600	48,96	Mala
05090905 - RANTON	Tepeagua	8,40	31,00	27,00	25,00	143,40	8,00	0,90	5,07	58,60	1,02	≥1,600	49,72	Mala
05090701 - RANTON	Ticuiziapa	8,30	29,00	27,00	52,00	143,50	9,10	0,90	4,92	56,50	8,97	≥1,600	45,70	Mala
05110205 - RJUTE	Ayagualo	7,40	21,00	19,00	11,00	106,30	22,20	0,27	5,05	59,40	0,42	1600,00	58,32	Regular
05220401 - RJUTE	La Esmeralda	8,30	24,00	23,00	56,00	174,60	8,80	1,10	4,38	53,30	13,47	≥1,600	43,73	Mala
05220203 - RJUTE	Montimar	8,30	30,00	29,00	180,00	178,10	12,70	1,02	4,87	58,20	3,96	≥1,600	41,66	Mala
05220319 - RJUTE	Agua Escondida No. 2	8,10	31,00	29,00	210,00	182,20	14,60	1,59	6,44	73,20	3,24	≥1,600	42,84	Mala
05090309 - RJUTE	El Jute 1	8,00	30,00	29,00	35,00	165,60	10,00	1,20	4,29	50,20	2,28	≥1,600	49,42	Mala

Valoración del Índice de Calidad del Agua:

- |  |  |
|--|--|
|  91-100 (Calidad Excelente) |  26 - 50 (Calidad Mala) |
|  71 - 90 (Calidad Buena)    |  0 -25 (Calidad Pésima) |
|  51 - 70 (Calidad Regular)  |  |

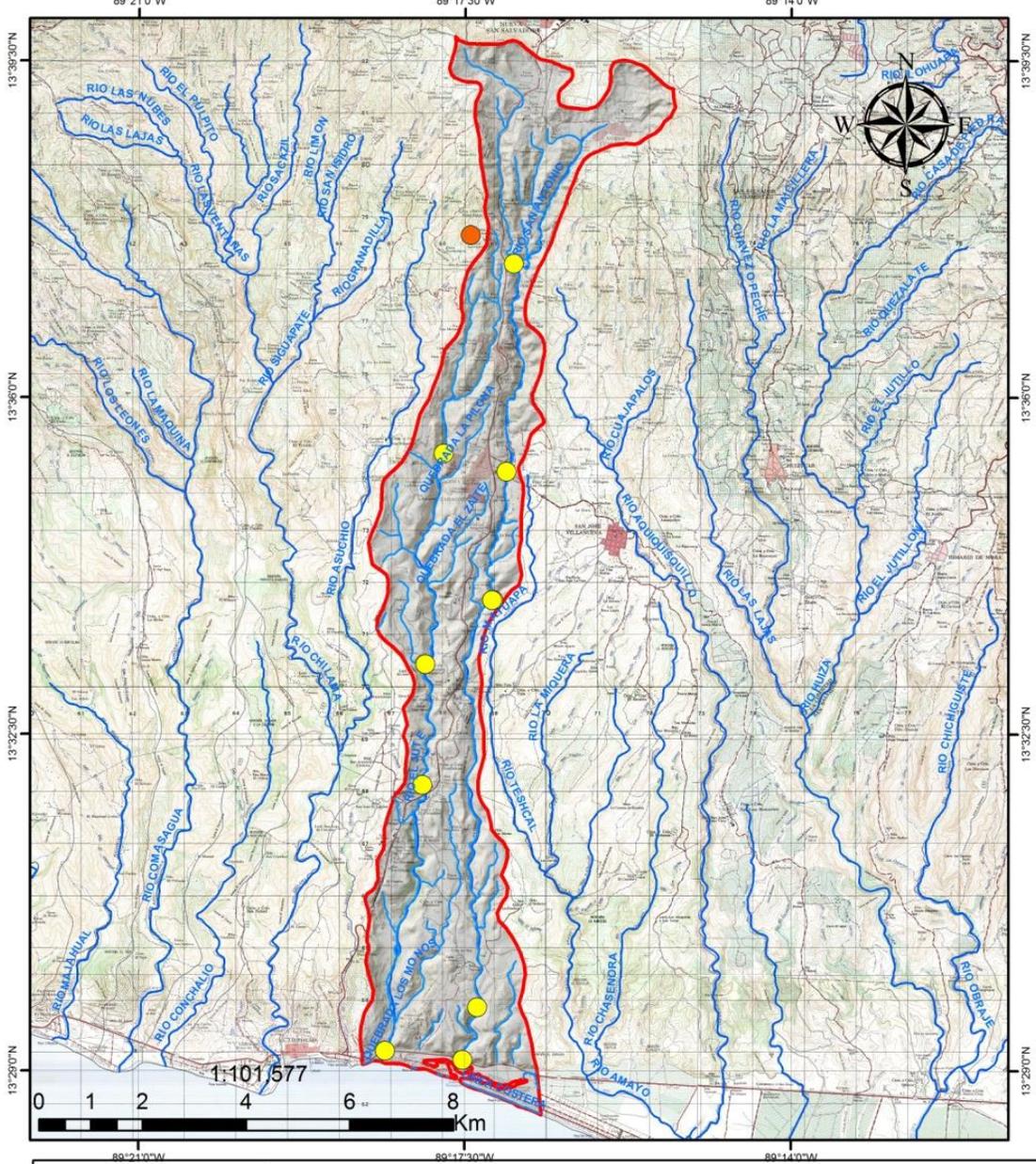
Cuadro 15. Resultados de los parámetros de calidad para calcular el ICA en época seca.

No. de Referencia	Comunidad	pH	Temperatura ambiente	Temperatura del agua	Turbidez	Sólidos totales disueltos	Nitratos	Fosfatos	Oxígeno Disuelto	Oxígeno Disuelto	DBO <sub>5</sub>	Coliformes fecales	Puntaje (ICA)	Clasificación (ICA)
			°C	°C	FAU	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	% de saturación	mg/l	NMP/100 ml		
05140203 - RANTON	El Matazano	8,10	29,00	24,00	11,00	252,00	23,10	3,80	3,25	46,40	4,32	≥1,600	40,09	Mala
05140301 - RANTON	Santa María	8,30	28,00	24,00	52,00	141,70	15,00	4,00	3,79	48,10	5,85	≥1,600	39,28	Mala
05140406 - RANTON	El Guayabo	8,20	26,00	24,00	51,00	154,50	15,50	3,00	3,97	46,60	4,29	≥1,600	42,01	Mala
05140407 - RANTON	El Porvenir	8,20	26,00	23,00	10,00	163,70	15,30	2,50	3,19	42,90	1,98	≥1,600	44,33	Mala
05090905 - RANTON	Tepeagua	8,30	29,00	23,00	11,00	158,90	5,90	2,00	5,53	65,60	4,62	≥1,600	47,79	Mala
05090701 - RANTON	Ticuiziapa	8,40	29,00	24,00	51,00	159,70	6,40	2,00	4,30	53,00	3,54	≥1,600	43,83	Mala
05110205 - RJUTE	Ayagualo	8,30	21,00	19,00	8,00	122,00	24,90	0,43	5,16	61,40	1,11	1,200.00	55,14	Regular
05220401 - RJUTE	La Esmeralda	8,40	29,00	23,00	50,00	260,00	22,30	4,50	4,88	57,90	3,18	≥1,600	38,50	Mala
05220203 - RJUTE	Montimar	8,10	38,00	29,00	9,00	286,00	31,40	6,40	4,73	58,50	5,85	≥1,600	35,67	Mala
05220319 - RJUTE	Agua Escondida No. 2	8,20	34,00	26,00	26,00	317,00	16,30	4,60	4,07	53,80	7,32	≥1,600	37,35	Mala
05090309 - RJUTE	El Jute 1	8,10	30,00	29,00	13,00	215,00	10,60	1,60	4,93	50,10	10,02	≥1,600	45,50	Mala

Valoración del Índice de Calidad del Agua:

- |  |  |
|--|--|
|  91-100 (Calidad Excelente) |  26 - 50 (Calidad Mala) |
|  71 - 90 (Calidad Buena)    |  0 -25 (Calidad Pésima) |
|  51 - 70 (Calidad Regular)  |  |

# MAPA DE CALIDAD DEL AGUA DE LA CUENCA EL JUTE Y SAN ANTONIO.2013



 <p>Universidad de El Salvador <i>Porque la libertad por la cultura</i></p>	<p><b>SIMBOLOGÍA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li> Línea de drenaje</li> <li> Río</li> <li> Océano/Pacífico</li> <li> Límite San Antonio</li> <li> Límite Jute</li> <li> Excelente</li> <li> Buena</li> <li> Regular</li> <li> Mala</li> <li> Péssima</li> </ul>	<p><b>FUENTE:</b>          Universidad de El Salvador          Centro Nacional de Registro (CNR)          Proyección Cónica Conformal de Lambert          Esferoide de Clarke 1866          Investigadora Lic. Blanca Lorena Bonilla de Torres          Elaboró Ing. Luis A. Alas Romero          Laboratorio GIS Ciencias Agronómicas          Julio 2014</p>	<p><b>Mapa de Ubicación sin Escala</b></p>  <p>EL SALVADOR, C.A.</p>	
--	--	--	---	---

Figura 5. Mapa de Calidad del agua.

## **7.2 Evaluación de la aptitud de uso del agua**

Se realizó la clasificación del agua superficial sobre el uso para potabilizarla por métodos convencionales, aplicando el Decreto 51, Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección. Los resultados obtenidos (cuadros 16 y 17) muestran que de los 11 sitios evaluados, el 100% de ellos no cumplen con la normativa de aptitud de uso de agua cruda para potabilizar por métodos convencionales como la filtración, cloración o ebullición, tanto en época seca como en época lluviosa.

El parámetro de la calidad de agua encontrado fuera de la Norma, que causó que el 100% de los sitios evaluados en los ríos El Jute y San Antonio no cumplieran con la calidad requerida, se debe a los valores fuera de la Norma de bacterias coliformes fecales, encontrándose valores mayores a 1,600 NMP/100 ml, siendo el máximo permitido según el Decreto 51 de 1,000 NMP/100 ml, para poder dar un tratamiento de desinfección al agua superficial. La principal causa de esta contaminación se debe a que aguas residuales de tipo doméstico e industrial son descargadas a las quebradas sin haber recibido un tratamiento adecuado, estas descargas son recibidas durante todo el trayecto de los ríos El Jute y San Antonio, existiendo en las cuencas un crecimiento urbanístico de residencias e industrial que no tratan adecuadamente sus aguas residuales y en muchos casos el saneamiento básico es deficiente.

Cuadro 16. Resultados de los parámetros de calidad de agua cruda superficial para evaluar la aptitud de uso, época lluviosa.

No. de Referencia	Comunidad	DBO <sub>5</sub>	Oxígeno Disuelto	pH	Turbidez	Nitratos *	Coliformes fecales	Cobre*	Sólidos totales disueltos *	Zinc *	Apta para potabilizar
Unidades		mg/l	mg/l		FAU	mg/l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	mg/l	
Valores permisible Decreto 51		3.0 - 4.0	4.0 - 6.5	6.5 - 9.2	10.00 - 250.00	≤ 45.00	≤ 1,000.00	0.10 - 1.00	300.00 - 600.00	≤ 5.00	
05140203 - RANTON	El Matazano	1,62	3,78	7,90	250,00	17,10	≥1,600	0,13	172,80	< 0.10	No
05140301 - RANTON	Santa María	5,52	4,79	7,20	200,00	14,70	≥1,600	0,10	161,10	< 0.10	No
05140407 - RANTON	El Guayabo	8,64	4,97	7,00	26,00	14,80	≥1,600	0,14	159,60	< 0.10	No
05140406 - RANTON	El Porvenir	5,22	5,19	7,40	72,00	14,30	≥1,600	0,18	159,00	< 0.10	No
05090905 - RANTON	Tepeagua	1,02	5,07	8,40	25,00	8,00	≥1,600	0,12	143,40	< 0.10	No
05090701 - RANTON	Ticuiziapa	8,97	4,92	8,30	52,00	9,10	≥1,600	0,12	143,50	< 0.10	No
05110205 - RJUTE	Ayagualo	0,42	5,05	7,40	11,00	22,20	1600,00	0,04	106,30	< 0.10	No
05220401 - RJUTE	La Esmeralda	13,47	4,38	8,30	56,00	8,80	≥1,600	0,10	174,60	< 0.10	No
05220203 - RJUTE	Montimar	3,96	4,87	8,30	180,00	12,70	≥1,600	0,15	178,10	< 0.10	No
05220319 - RJUTE	Agua Escondida No. 2	3,24	6,44	8,10	210,00	14,60	≥1,600	0,10	182,20	< 0.10	No
05090309 - RJUTE	El Jute 1	2,28	4,29	8,00	35,00	10,00	≥1,600	0,10	165,60	< 0.10	No

\*Parámetros adicionales por el Ministerio del Medio Ambiente.

■ Valores que cumplen con decreto 51

■ Valores que no cumplen con decreto 51

Cuadro 17. Resultados de los parámetros de calidad de agua cruda superficial para evaluar la aptitud de uso, época seca.

No. de Referencia	Comunidad	DBO <sub>5</sub>	Oxígeno Disuelto	pH	Turbidez	Nitratos *	Coliformes fecales	Cobre*	Sólidos totales disueltos *	Zinc *	Apta para potabilizar
Unidades		mg/l	mg/l		FAU	mg/l	NMP/100 ml	mg/l	mg/l	mg/l	
Valores permisible Decreto 51		3.0 - 4.0	4.0 - 6.5	6.5 - 9.2	10.00 - 250.00	≤ 45.00	≤ 1,000.00	0.10 - 1.00	300.00 - 600.00	≤ 5.00	
05140203 - RANTON	El Matazano	4,32	3,25	8,10	11,00	23,10	≥1,600	0,10	252,00	< 0,10	No
05140301 - RANTON	Santa María	5,85	3,79	8,30	52,00	15,00	≥1,600	0,07	141,70	< 0,10	No
05140407 - RANTON	El Guayabo	4,29	3,97	8,20	51,00	15,50	≥1,600	0,13	154,50	< 0,10	No
05140406 - RANTON	El Porvenir	1,98	3,19	8,20	10,00	15,30	≥1,600	0,15	163,70	< 0,10	No
05090905 - RANTON	Tepeagua	4,62	5,53	8,30	11,00	5,90	≥1,600	0,04	158,90	< 0,10	No
05090701 - RANTON	Ticuiziapa	3,54	4,30	8,40	51,00	6,40	≥1,600	0,09	159,70	< 0,10	No
05110205 - RJUTE	Ayagualo	1,11	5,16	8,30	8,00	24,90	1200,00	0,00	122,00	< 0,10	No
05220401 - RJUTE	La Esmeralda	3,18	4,88	8,40	50,00	22,30	≥1,600	0,07	260,00	< 0,10	No
05220203 - RJUTE	Montimar	5,85	4,73	8,10	9,00	31,40	≥1,600	0,05	286,00	< 0,10	No
05220319 - RJUTE	Agua Escondida No. 2	7,32	4,07	8,20	26,00	16,30	≥1,600	0,03	317,00	< 0,10	No
05090309 - RJUTE	El Jute 1	10,02	4,93	8,10	13,00	10,60	≥1,600	0,04	215,00	< 0,10	No

\*Parámetros adicionales por el Ministerio del Medio Ambiente.

■ Valores que cumplen con decreto 51

■ Valores que no cumplen con decreto 51.



### 7.3 Calidad de aguas residuales

Se evaluó el cumplimiento de la Norma Salvadoreña Obligatoria de descargas de aguas residuales a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09, tomando en cuenta siete quebradas, en las cuales son descargadas aguas residuales, obteniéndose resultados que demuestran que el 100% de los sitios analizados no cumplen en su totalidad con los requerimientos establecidos en esta normativa (cuadros 18, 19, 20 y 21).

#### a) Demanda Bioquímica de Oxígeno (DQO)

En época lluviosa, en los siete sitios evaluados, la concentración de la Demanda Química de Oxígeno en el 100% de las muestras sobrepasan el valor máximo permisible (150 mg/l), encontrándose un valor mínimo de 154.0 mg/l en el sitio 05220302-R07 correspondiente a la quebrada El Cedral y un valor máximo de 630 mg/l en el sitio 05110201-R02 localizado en Ayagualo, canaleta Las Piletas.

En época seca la tendencia es a un incremento en las concentraciones de DQO con respecto a la época lluviosa en todos los sitios, siendo el valor mínimo encontrado de 273 mg/l en el sitio 05220313-R04 que corresponde a la quebrada El Zaito y el valor máximo fue de 641 mg/l en el sitio 05110201-R02 (figura 7), al igual que en la época de lluvias.

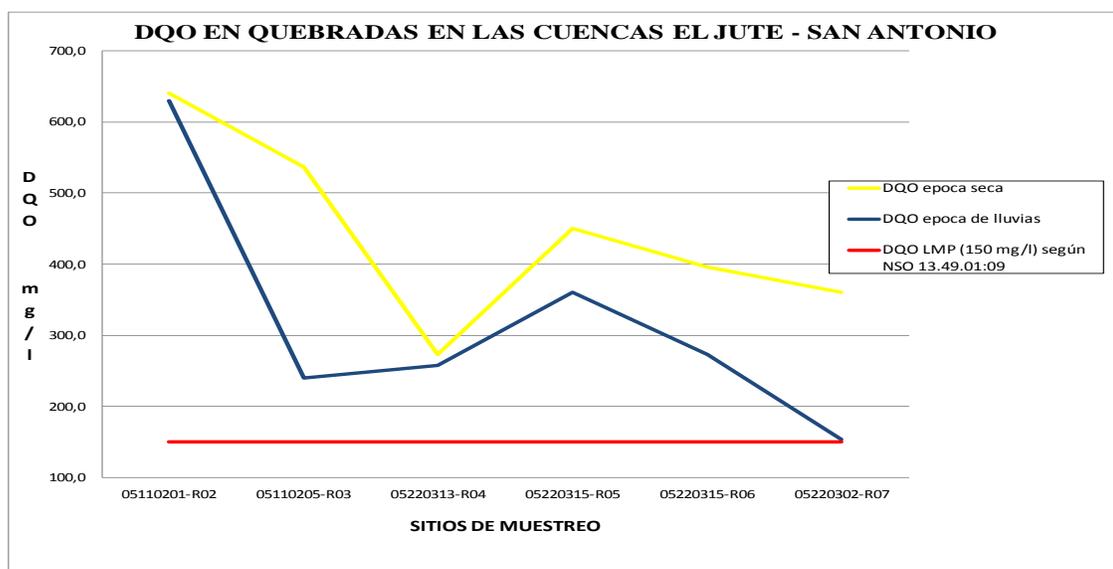


Figura 7. Demanda Química de Oxígeno en quebradas en las cuencas El Jute – San Antonio.

En la quebrada donde son descargadas las aguas residuales tratadas de la planta de tratamiento de Zaragoza 05220315-R05, se encontraron valores de DQO de 360.0 mg/l en época lluviosa y de 450 mg/l en época seca, sobrepasando el límite máximo permisible en ambas épocas, por lo que el tratamiento que se le está dando a dicha planta de aguas residuales no está siendo efectivo en su totalidad.

### b) Sólidos Suspendidos Totales (SST)

Los sólidos suspendidos totales en el 100% de los sitios muestreados presentan valores arriba del máximo permisible (60 mg/l), siendo el valor mínimo encontrado de 75 mg/l en el sitio 05110205-R03, quebrada de Ayagualo y un valor máximo de 366 mg/l en el sitio 05110201-R02, correspondiente a la canaleta de Ayagualo, ambos en época de lluvias. En época seca todos los sitios muestreados presentan un aumento en la concentración de SST (figura 8).

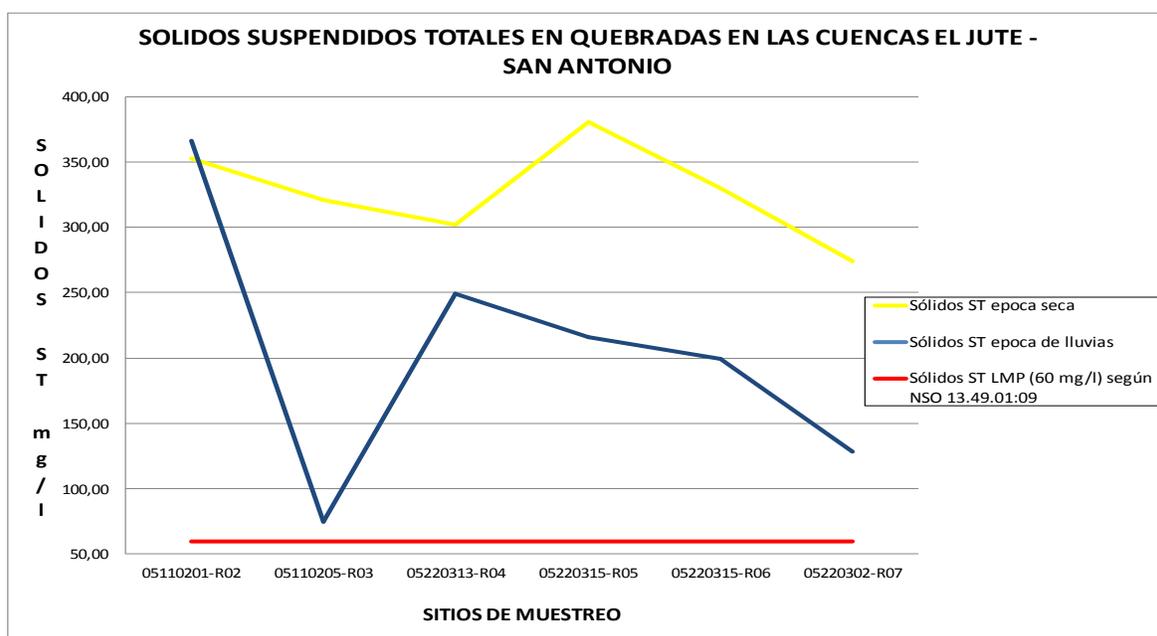


Figura 8. Sólidos Suspendidos Totales en quebradas en las cuencas El Jute – San Antonio.

### c) Turbidez

La turbidez, cuyo valor máximo permisible según normativa es de 5 UNT, se encontró en concentraciones que sobrepasan este límite en todos los sitios de muestreo. En época lluviosa el valor mínimo encontrado fue de 42 UNT en la quebrada de El Cedral y un valor máximo de 240 UNT en la quebrada donde se realizan las descargas de la planta de tratamiento Zaragoza.

En época seca el valor mínimo encontrado fue de 52 UNT en la quebrada El Zaito y un valor máximo de 360 UNT en la quebrada donde se realizan las descargas de la planta de tratamiento Zaragoza.

Cuadro 18. Resultados de los parámetros de calidad de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, en época lluviosa.

No. de referencia	Tipo de fuente	Comunidad	DQO	DBO <sub>5</sub>	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendedos Totales
Unidades			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valores máximos permisibles NSO 13.49.01:09			150.00	60.00	1.00	60.00
05100113-R01	Quebrada	Via del Mar	530,0	42,00	0,10	297,00
05110201-R02	Quebrada- canaleta	Ayagualo	630,0	75,00	1,40	366,00
05110205-R03	Quebrada	Ayagualo	240,0	26,06	0,20	75,00
05220313-R04	Quebrada	El Zaito	258,0	30,00	0,30	249,00
05220315-R05	Quebrada	Brisas de Zaragoza	360,0	36,00	0,10	216,00
05220315-R06	Quebrada	Brisas de Zaragoza	273,0	33,00	0,10	199,00
05220302-R07	Quebrada	El Cedral	154,0	31,20	0,10	128,10

Cuadro 19. Resultados de los parámetros de calidad de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, en época seca.

No. de referencia	Tipo de fuente	Comunidad	DQO	DBO <sub>5</sub>	Sólidos Sedimentables	Sólidos Suspendedos Totales
Unidades			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valores máximos permisibles NSO 13.49.01:09			150.00	60.00	1.00	60.00
05110201-R02	Quebrada- canaleta	Ayagualo	641,0	90,00	1,50	353,00
05110205-R03	Quebrada	Ayagualo	537,0	80,00	0,50	321,00
05220313-R04	Quebrada	El Zaito	273,0	40,00	0,00	302,00
05220315-R05	Quebrada	Brisas de Zaragoza	450,0	75,00	0,10	381,00
05220315-R06	Quebrada	Brisas de Zaragoza	396,0	62,00	0,10	330,00
05220302-R07	Quebrada	El Cedral	360,0	55,00	2,00	274,00

- Valores que cumplen con NSO 13.49.01:09
- Valores que no cumplen con NSO 13.49.01:09

Cuadro 20. Resultados de parámetros de calidad complementarios de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, época lluviosa.

No. de referencia	Comunidad	Aluminio	Arsénico	Zinc	Cobre	Hierro total	Manganeso	Plomo	Bacterias coliformes fecales	Bacterias coliformes totales	pH	Turbidez	Temperatura	Sulfatos
Unidades		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	NMP/100 ml		UNT	°C	mg/l
Valores máximos permisibles NSO 13.49.01:09		5,00	0,10	5,00	1,00	10,00	2,00	0,40	2,000.00	10,000.00	5.5 - 9.0	5.0	20.00 - 35.00	1,000.00
05100113-R01	Vía del Mar	0,24	0,02	< 0,10	0,15	0,652	1,53	0,90	≥1,600	≥1,600	7,80	142,00	27,00	102,85
05110201-R02	Ayagualo	0,59	0,05	< 0,10	0,12	1,081	0,69	0,21	≥1,600	≥1,600	7,80	200,00	26,00	115,19
05110205-R03	Ayagualo	0,25	0,01	< 0,10	0,13	0,585	1,08	0,26	≥1,600	≥1,600	7,80	16,00	26,00	49,37
05220313-R04	El Zaité	0,15	0,025	< 0,10	0,1	1,470	1,45	0,41	≥1,600	≥1,600	7,00	44,00	25,00	49,37
05220315-R05	Brisas de Zaragoza	0,05	0,025	< 0,10	0,1	0,317	0,54	0,08	900.00	900.00	7,30	240,00	26,00	69,94
05220315-R06	Brisas de Zaragoza	0,04	0,025	< 0,10	0,12	0,326	0,65	0,14	≥1,600	≥1,600	7,60	130,00	26,00	49,37
05220302-R07	El Cedral	0,36	0,05	< 0,10	0,11	1,288	0,18	0,19	≥1,600	≥1,600	6,20	42,00	22,00	32,91

■ Valores que cumplen con NSO 13.49.01:09

■ Valores que no cumplen con NSO 13.49.01:09

Cuadro 21. Resultados de parámetros de calidad complementarios de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, época seca.

No. de referencia	Comunidad	Aluminio	Arsénico	Zinc	Cobre	Hierro total	Manganeso	Plomo	Bacterias coliformes fecales	Bacterias coliformes totales	pH	Turbidez	Temperatura	Sulfatos
Unidades		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	NMP/100 ml	NMP/100 ml		UNT	°C	mg/l
Valores máximos permisibles NSO 13.49.01:09		5,00	0.10	5.00	1.00	10.00	2.00	0.40	2,000.00	10,000.00	5.5 - 9.0	5.0	20.00 - 35.00	1,000.00
05110201-R02	Ayagualo	0,65	0,01	0,1316	0,150	0,5176	0,70	0,25	≥1,600	≥1,600	8,50	205,00	24,00	214,01
05110205-R03	Ayagualo	0,30	< 0,005	0,1473	0,150	0,5583	1,10	0,30	≥1,600	≥1,600	8,60	190,00	24,00	86,43
05220313-R04	El Zaito	0,20	0,005	0,1448	0,100	2,8894	1,49	0,40	≥1,600	≥1,600	8,60	52,00	25,00	69,97
05220315-R05	Brisas de Zaragoza	0,08	0,005	< 0,10	0,100	0,5854	0,60	0,10	≥1,600	≥1,600	8,60	360,00	26,00	102,89
05220315-R06	Brisas de Zaragoza	0,08	< 0,005	< 0,10	0,150	0,7390	0,60	0,15	≥1,600	≥1,600	8,40	230,00	26,00	57,62
05220302-R07	El Cedral	0,38	< 0,005	< 0,10	0,150	0,8745	0,20	0,22	≥1,600	≥1,600	8,20	66,00	22,00	61,73

■ Valores que cumplen con NSO 13.49.01:09

■ Valores que no cumplen con NSO 13.49.01:09

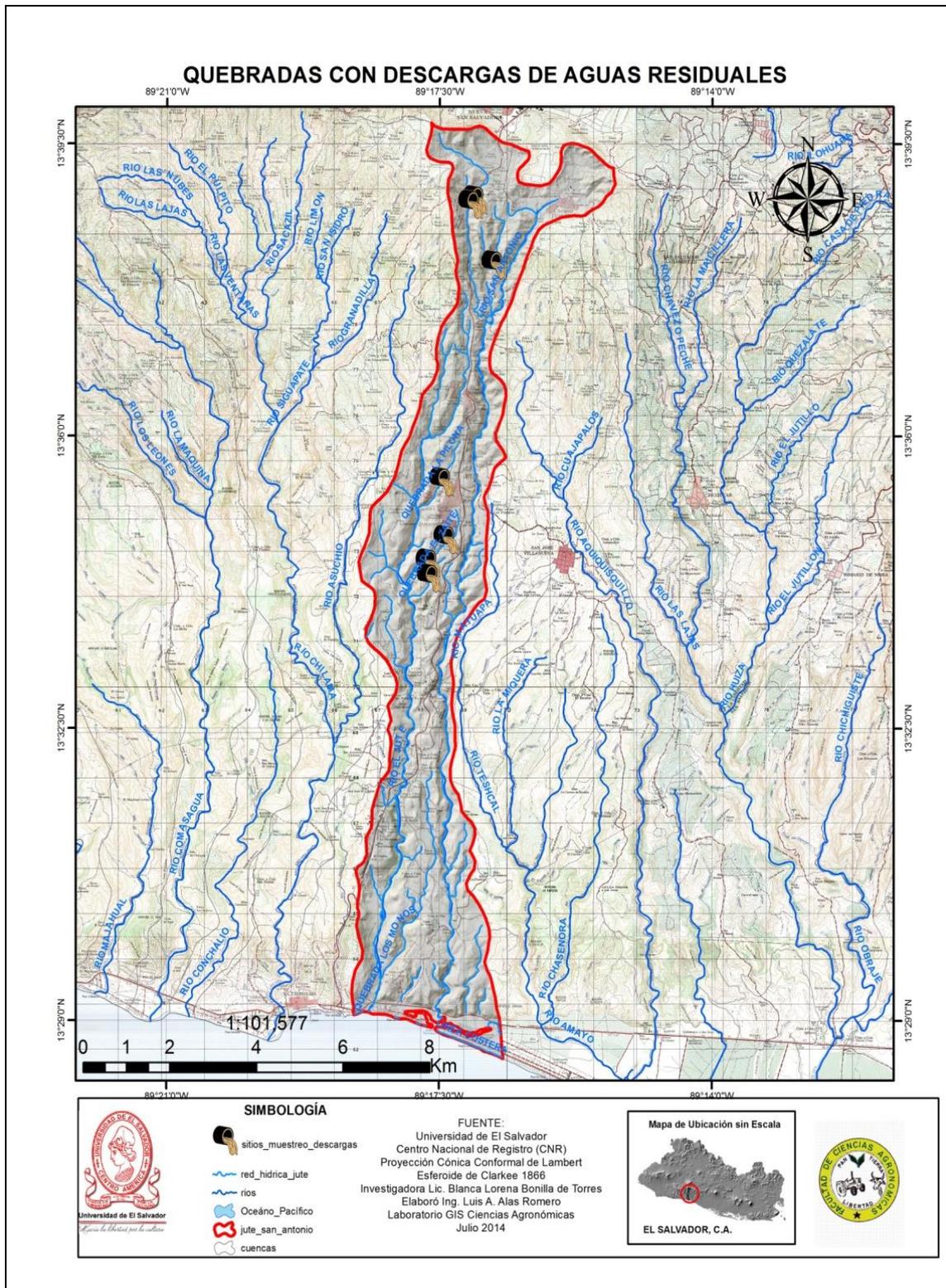


Figura 9. Mapa de quebradas con descargas de aguas residuales.

#### **7.4 Calidad del agua de manantiales y pozos**

Para el agua de manantiales y pozos los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08. Estos datos indican que el agua proveniente de pozos y manantiales presenta contaminación de tipo microbiológica (cuadro 22). Con respecto a las bacterias coliformes totales, el límite máximo permisible según la normativa es menor a 1.1 NMP/100 ml, encontrándose en el 100% de las muestras concentraciones que sobrepasan este límite, siendo la concentración mínima encontrada menos de 2.00 NMP/100 ml y una concentración máxima mayor a 1,600.00 NMP/100 ml. Con respecto al contenido de coliformes fecales, la normativa permite como valor máximo menos de 1.1 NMP/100 ml, encontrándose concentraciones de 1,600 NMP/100 ml. Esto indica una contaminación fuerte con excrementos humanos y animales, así como también por descargas de aguas residuales de tipo doméstico cercano a los pozos o manantiales, los cuales en su mayoría no están protegidos con algún tipo de infraestructura.

La turbidez es otro parámetro que esta fuera de la normativa en los manantiales El Cedro 05140202–FU01 (11 UNT), Muyuapa 05140407–FU11 (20 UNT) y el Guarumo 05220108–FU39 (10 UNT); así mismo en el pozo El Mango 05090902–FU24 (27 UNT); esto se debe a que estos sitios no están protegidos con infraestructura adecuada y son contaminados con partículas de forma antropogénica o en algunos casos por la erosión natural del suelo la cual arrastra sedimento a los manantiales.

Algunas muestras de agua presentan concentraciones de hierro y manganeso fuera de normativa (cuadro 23), es frecuente encontrar concentraciones de estos metales en agua debido a que estos son abundantes en la corteza terrestre.

Cuadro 22. Resultados de muestras de agua de manantiales y pozos para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08.

No. de Referencia	Nombre de la fuente	Bacterias coliformes fecales	Bacterias coliformes totales	Bacterias heterótrofas	pH	Sólidos totales disueltos	Turbidez	Temperatura
Unidades		NMP/100 ml	NMP/100 ml	UFC/ml		mg/l	UNT	°C
Valores máximos permisibles NSO 13.07.01:08		< 1,1	< 1,1	100	6.0 - 8.5	1,000	5.0	No rechazable
05140202 - FU01	Manantial El Cedro	≥1,600,00	≥1,600,00	35,000,00	6,60	113,10	11,00	22,00
05220312 - FU02	M. El Tanque		< 2,00	300,00	6,20	146,80	< 1,00	26,00
05140301 - FU03	M. La Pila	170,00	170,00	43,000,00	6,50	78,80	1,00	24,00
05220304 - FU04	M. El Tanque	4,00	8,00	600,00	6,80	360,00	< 1,00	27,00
05140402 - FU05	M. El tanque	< 2,0	2,00	2,400,00	6,60	52,60	1,00	26,00
05090308 - FU07	M. La Zona Verde	900,00	900,00	1800,00	7,30	66,50	< 1,00	26,00
05140407 - FU11	M. Muyuapa	240,00	300,00	1,000,00	6,60	53,20	20,00	27,00
05100105 - FU12	Pozo No. 1	13,00	13,00	300,00	6,70	221,00	1,00	23,00
05100105 - FU13	P. de José Portillo	13,00	13,00	7,000,00	6,90	284,00	2,00	23,00
05100105 - FU14	P. de Marcos López	23,00	30,00	1,200,00	6,80	295,00	3,00	22,00
05100105 - FU15	Cisterna	< 2,00	2,00	500,00	6,50	240,00	< 1,00	23,00
05100114 - FU16	P. Industrial		< 2,00	60,00	7,10	136,50	< 1,00	28,00
05090902 - FU24	P. El Mango	500,00	500,00	33,000,00	7,00	86,20	27,00	28,00
05090905 - FU26	P. Protegido	< 2,00	2,00	500,00	6,90	54,30	< 1,00	30,00
05090905 - FU27	P. Comunal Artesanal	500,00	500,00	5,000,00	7,00	139,00	2,00	30,00
05090907 - FU28	M. Las Pilas	80,00	80,00	1,000,00	6,80	65,60	1,00	29,00
05220108 - FU39	M. El Guarumo	130,00	170,00	1,000,00	7,90	162,00	10,00	
05090308 - FU40	P. de Ricardo Martínez	2,00	2,00	7,300,00	7,20	141,70	< 1,00	
05220203 - FU41	Pozo	2,00	2,00	2000,00	7,10	97,20	< 1,00	

■ Valores que cumplen con NSO 13.07.01:08

■ Valores que no cumplen con NSO 13.07.01:08

M = Manantial      P= Pozo

Cuadro 23. Resultados de muestras de agua de manantiales y pozos para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08.

No. de Referencia	Nombre de la fuente	Aluminio	Cobre	Dureza total	Sodio	Sulfatos	Zinc	Hierro total	Manganeso	Arsénico	Cadmio	Nitrato	Plomo
unidades		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valores NSO 13.07.01:08		0.20	1.30	500.00	200.00	400.00	5.00	0.30 <sup>1)</sup>	0.10 <sup>1)</sup>	0.01	0.003	45.00	0.01
05140202 - FU01	Manantial El Cedro	0,110	< 0,05	59,40	19,50	41,16	< 0,10	< 0,20	0,490	0,00	0,040	17,40	0,036
05220312 - FU02	M. El Tanque	0,050	< 0,05	92,03	17,40	12,35	< 0,10	< 0,20	0,090	< 0,005		30,30	< 0,010
05140301 - FU03	M. La Pila	0,050	< 0,05	45,55	14,30	32,92	< 0,10	< 0,20	0,060	< 0,005		14,70	< 0,010
05220304 - FU04	M. El Tanque	0,050	< 0,05	230,16	46,80	74,08	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005		33,20	< 0,010
05140402 - FU05	M. El tanque	0,065	< 0,05	23,98	10,80	8,23	< 0,10	< 0,20	0,078	< 0,005		10,90	< 0,010
05090308 - FU07	M. La Zona Verde	0,120	< 0,05	40,76	11,90	14,00	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005		9,20	0,042
05140407 - FU11	M. Muyuapa	0,165	0,050	11,99	10,10	32,92	< 0,10	1,039	0,087	< 0,005		21,30	0,041
05100105 - FU12	Pozo No. 1	0,050	0,030	158,24	24,60	49,39	< 0,10	0,214	0,098	< 0,005		31,90	0,222
05100105 - FU13	P. de José Portillo	0,064	0,050	182,21	47,80	37,04	< 0,10	< 0,20	0,148	< 0,005		7,90	0,090
05100105 - FU14	P. de Marcos López	0,068	0,030	206,19	45,60	49,39	< 0,10	< 0,20	0,138	< 0,005		12,30	0,249
05100105 - FU15	Cisterna	0,034	0,030	187,01	21,30	45,27	< 0,10	< 0,20	0,100	0,00		48,10	< 0,010
05100114 - FU16	P. Industrial	0,091	0,030	105,49	16,60	41,16	< 0,10	< 0,20	0,097	0,00		10,80	< 0,010
05090902 - FU24	P. El Mango	0,060	< 0,05	40,76	16,60	28,81	< 0,10	0,261	0,134	0,00		6,80	0,013
05090905 - FU26	P. Protegido	< 0,02	< 0,05	19,18	14,00	8,23	< 0,10	< 0,20	0,160	0,00		4,00	< 0,010
05090905 - FU27	P. Comunal Artesanal	< 0,02	< 0,05	81,52	21,20	20,58	< 0,10	< 0,20	0,154	0,00		24,80	< 0,010
05090907 - FU28	M. Las Pilas	< 0,020	< 0,05	31,17	14,80	8,23	< 0,10	< 0,20	0,138	0,00		7,30	< 0,010
05220108 - FU39	M. El Guarumo	0,250	0,040	131,86	18,50	18,40	< 0,10	0,235	0,178	< 0,005	< 0,002	25,20	< 0,010
05090308 - FU40	P. de Ricardo Martínez	0,166	0,040	91,11	18,50	36,80	0,119	< 0,20	0,100	< 0,005	< 0,002	28,70	< 0,010
05220203 - FU41	Pozo	0,080	0,030	64,73	15,90	30,40	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005	0,002	22,40	< 0,010

■ Valores que cumplen con NSO 13.07.01:08      ■ Valores que no cumplen con NSO 13.07.01:08

1) Cuando los valores de hierro y manganeso sobrepasen el límite máximo permisible y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables de 2,0 mg/l para el hierro y 0.5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar problemas estéticos de color, turbidez y sabor.

Quelantes: son agentes químicos de bajo peso molecular, solubles en agua, que se combinan estequiométricamente con cationes divalentes y trivalentes (calcio, magnesio, hierro y cobre) para formar complejos solubles y estables al calor, los quelantes de utilización más común son las sales de los ácidos etilendiamintetraacético (EDTA), y nitrilotriacético (NTA).

### **7.5 Calidad del agua de sistemas de abastecimiento**

En los sistemas de abastecimiento, al evaluar la calidad del agua, los resultados obtenidos fueron comparados con la Norma Salvadoreña Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08, y del 100% de las muestras analizadas solamente el 27% cumplen en su totalidad con esta normativa, las cuales son: 05100114-FU17, tanque de distribución en el Casco Urbano de Nuevo Cuscatlán; 05090301-FU19, tanque de distribución del sistema ASCOBAPCO; 05090301-FU22, vivienda del sistema ASCOBAPCO; 05090308-FU20, sistema Brisas del Mar; 05090308-FU21, vivienda del sistema Brisas del Mar y 05140302, de la Comunidad Las Dispensas Centro.

De los sistemas comunitarios Agua Escondida No. 1, Agua Escondida No. 2, Camino al Mar, ASCOBAPCO, El Triunfo, Bosque Verde, Gallo Solo y Ticuiziapa, así como también el sistema de abastecimiento municipal de Nuevo Cuscatlán y el sistema que administra ANDA, el 50% de las muestras cumplen con el contenido de bacterias de coliformes totales, fecales y heterótrofas (cuadro 24). El tipo de tratamiento de desinfección utilizado es la cloración, por lo que se considera que está siendo efectivo, no así en los sistemas: comunidad la Fortaleza, cantarera Loma Linda, comunidad El Zaito y cantarera en la comunidad El Matazano, todos estos administrados por ANDA y el Sistema de Agua Asuchío en los cuales el contenido de bacterias heterótrofas esta fuera de la Norma, lo cual indica que existen problemas de contaminación en la red de distribución.

La muestra del tanque del distribución de Agua Escondida No. 2 presenta contaminación inorgánica fuera de la Norma respecto al contenido de: hierro total (0.809 mg/l), arsénico (0.025 mg/l), cadmio (0.044 mg/l) y plomo (0.056 mg/l); cabe mencionar que este sistema está siendo alimentado por agua de pozo y agua del río El Jute, por lo que sería recomendable que fuera utilizada solamente el agua del pozo, ya que el agua del río El Jute contiene contaminación de tipo orgánica e inorgánica, en el cual se descargan aguas de quebradas que contienen agua residual de tipo ordinario e industrial de las comunidades e industrias cercanas a la zona.

Otro sistema de abastecimiento que presenta contaminación con plomo es el tanque del sistema de agua Mirapueblos, encontrándose la concentración de 0.107 mg/l (cuadro 25), ya que la concentración máxima permitida es 0.010 mg/ml según la NSO 13.07.01:08.

Cuadro 24. Resultados de muestras de agua de sistemas de abastecimiento para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08.

No. de Referencia	Comunidad	Bacterias coliformes fecales	Bacterias coliformes totales	Bacterias heterótrofas	pH	Sólidos totales disueltos	Turbidez	Temperatura	Cloro residual libre
Unidades		NMP/100 ml	NMP/100 ml	UFC/ml		mg/l	UNT	°C	mg/l
Valores máximos permisibles NSO 13.07.01:08		< 1,1	< 1,1	100	6.0 - 8.5	1,000	5.0	No rechazable	0.3 -1.1
05220203 - FU06	Agua Escondida No. 2	13,00	22,00	900,00	7,80	250,00	< 1,00	28,00	cruda
05090701 - FU08	Ticuiziapa		< 2,00	60,00	8,30	306,00	< 1,00	26,00	cruda
05090304 - FU09	Gallo Solo	4,00	4,00	800,00	7,60	152,40	< 1,00	28,00	cruda
05090906 - FU10	Bosque Verde	1,600,00	1,600,00	30,000,00	8,00	90,00	4,00	28,00	cruda
05100114 - FU17	Casco Urbano		0,00	100,00	7,60	136,80	< 1,00	27,00	0,00
05100115 - FU18	Mirapueblos		0,00	< 1,00	6,70	228,00	<1,00	24,00	0,50
05090301 - FU19	El Coplanar		0,00	2,00	7,20	139,40	< 1,00	30,00	1,00
05090308 - FU20	Camino al Mar		0,00	< 1,00	6,90	102,50	< 1,00	29,00	1,50
05090308 - FU21	Camino al Mar		0,00	< 1,00	7,30	109,80	1,00	27,00	1,00
05090301 - FU22	El Coplanar		0,00	< 1,00	7,50	140,60	< 1,00	28,00	0,50
05090303 - FU23	El Triunfo		< 2,00	40,000,00	7,20	78,50	< 1,00	29,00	0,00
05220202 - FU25	Agua Escondida No. 1	22,00	22,00	1,200,00	7,10	100,00	< 1,00	29,00	cruda
05220201 - FU29	San Francisco El Jiote		0,00	< 1,00	7,40	290,00	< 1,00	27,00	1,00
05220316 - FU30	El Corralito		0,00	< 1,00	7,30	300,00	< 1,00	29,00	0,75
05140405 - FU31	La Fortaleza		0,00	500,00	7,70	333,00	< 1,00	27,00	0,50
05220306 - FU32	El Rastro		0,00	10,00	7,70	264,00	< 1,00	29,00	2,00
05140302 - FU33	Las Dispensas Centro		0,00	10,00	7,80	331,00	< 1,00	29,00	0,75
05220106 - FU34	Loma Linda		0,00	200,00	7,40	115,60	4,00	24,00	0,50
05220402 - FU35	Asuchío		0,00	700,00	7,60	102,60	4,00	24,00	1,00
05220313 - FU36	El Zaito 2	4,00	4,00	900,00	7,60	326,00	< 1,00	27,00	0,75
05140203 - FU37	El Matazano	4,00	4,00	1,200,00	7,30	128,50	< 1,00	24,00	0,50
05220108 - FU38	El Progreso 2		0,00	15,00	7,40	130,60	1,00	24,00	0,50

■ Valores que cumplen con NSO 13.07.01:08

■ Valores que no cumplen con NSO 13.07.01:08

Cuadro 25. Resultados de análisis de muestras de agua de sistemas de abastecimiento para evaluar el cumplimiento con NSO 13.07.01:08.

No de. Referencia	Comunidad	Aluminio	Cobre	Dureza total	Sodio	Sulfatos	Zinc	Hierro total	Manganeso	Arsénico	Cadmio	Nitrato	Plomo
Unidades		mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Valores máximos NSO 13.07.01:08		0.20	1.30	500.00	200.00	400.00	5.00	0.30 <sup>1)</sup>	0.10 <sup>1)</sup>	0.01	0.003	45.00	0.01
05220203 - FU06	Agua Escondida No. 2	0,049	0,030	141,45	50,00	24,69	< 0,10	0,809	0,079	0,025	0,044	8,30	0,056
05090701 - FU08	Ticuiziapa	0,044	0,050	242,15	36,60	28,81	< 0,10	< 0,20	0,090	0,01	< 0,002	9,30	< 0,010
05090304 - FU09	Gallo Solo	0,084	< 0,05	115,08	22,20	24,69	< 0,10	< 0,20	0,078	< 0,005	< 0,002	7,30	< 0,010
05090906 - FU10	Bosque Verde	0,095	< 0,05	57,54	15,80	24,69	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005	< 0,002	12,30	< 0,010
05100114 - FU17	Casco Urbano	0,100	0,050	110,29	17,00	46,40	< 0,10	< 0,20	0,081	0,00		7,40	< 0,010
05100115 - FU18	Mirapueblos	0,150	0,060	179,81	22,00	45,10	< 0,10	0,265	0,390	0,00		39,40	0,107
05090301 - FU19	El Coplanar	0,050	0,060	95,90	24,40	20,20	0,363	< 0,20	0,100	0,00	< 0,002	11,40	< 0,010
05090308 - FU20	Camino al Mar	0,060	0,040	52,75	16,80	23,00	< 0,10	< 0,20	0,100	0,00	< 0,002	11,50	< 0,010
05090308 - FU21	Camino al Mar	0,050	0,020	71,93	16,00	23,10	< 0,10	< 0,20	0,091	0,00	< 0,002	11,20	< 0,010
05090301 - FU22	El Coplanar	0,050	0,020	93,50	24,30	20,40	0,432	< 0,20	0,095	0,00	< 0,002	8,10	< 0,010
05090303 - FU23	El Triunfo	< 0,02	< 0,05	38,36	13,80	8,23	0,468	< 0,20	0,137	0,00		21,50	< 0,010
05220202 - FU25	Agua Escondida No. 1	0,032	< 0,05	74,32	15,00	16,46	< 0,10	< 0,20	0,209	0,00		2,50	0,010
05220201 - FU29	San Francisco El Jote	0,022	< 0,05	232,56	39,40	45,27	1,135	< 0,20	0,123	< 0,050		20,00	< 0,010
05220316 - FU30	El Corralito	< 0,02	< 0,05	234,96	40,00	69,97	< 0,10	< 0,20	0,156	< 0,050		21,60	< 0,010
05140405 - FU31	La Fortaleza	0,056	< 0,05	242,15	50,20	53,50	0,629	< 0,20	0,099	0,005		22,30	< 0,010
05220306 - FU32	El Rastro	0,037	< 0,05	210,98	36,80	49,39	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005	0,006	21,30	< 0,010
05140302 - FU33	Las Dispensas Centro	< 0,02	< 0,05	244,55	49,80	57,62	< 0,10	< 0,20	0,100	0,005	< 0,002	23,30	< 0,010
05220106 - FU34	Loma Linda	0,033	0,020	91,11	14,50	16,46	< 0,10	< 0,20	0,100	0,00	0,049	14,80	0,010
05220402 - FU35	Asuchío	< 0,02	0,020	71,93	15,60	20,58	< 0,10	< 0,20	0,068	0,00	0,050	7,70	< 0,010
05220313 - FU36	El Zaito 2	< 0,02	0,030	263,73	36,80	50,30	0,354	< 0,20	0,086	0,005	0,029	19,80	< 0,010
05140203 - FU37	El Matazano	< 0,02	< 0,02	103,09	16,10	52,23	< 0,10	< 0,20	0,100	< 0,005	0,046	15,30	< 0,010
05220108 - FU38	El Progreso 2	0,400	0,040	100,70	12,30	49,80	< 0,10	< 0,20	0,050	< 0,005	0,041	16,70	< 0,010

■ Valores que cumplen con NSO 13.07.01:08

■ Valores que no cumplen con NSO 13.07.01:08

Cuando los valores de hierro y manganeso sobrepasen el límite máximo permisible y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables 2,0 mg/l para el hierro y 0.5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar problemas estéticos de color y turbidez.

## 7.6 Cobertura y acceso de agua potable

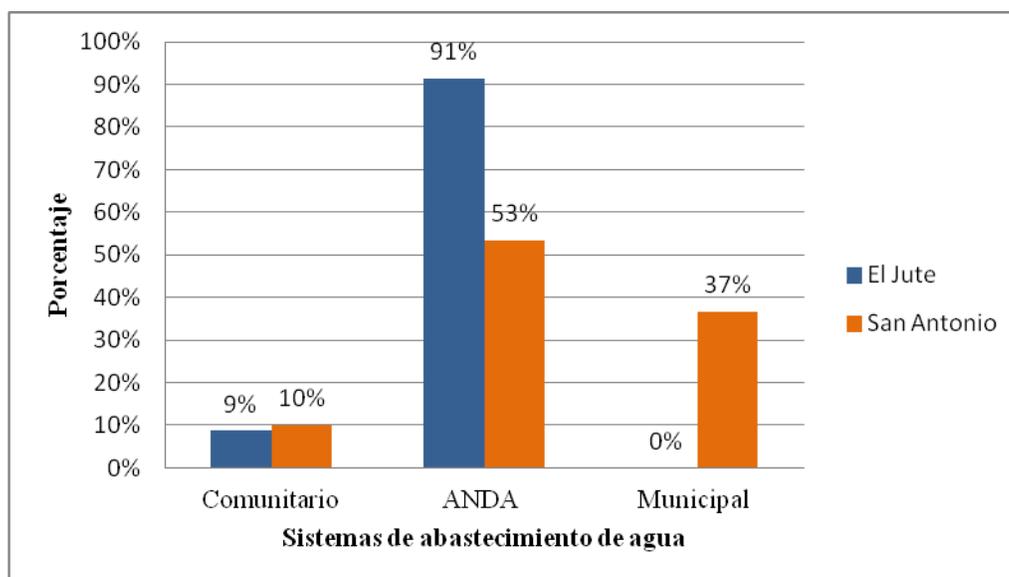
### 7.6.1 Suministro de agua por sistemas de abastecimiento

En las cuencas el Jute y San Antonio, la población que habita en ellas se abastecen de agua de los ríos, pozos, manantiales y de sistemas de agua administrados por ANDA, sistemas comunitarios y municipales (cuadro 26) y (anexo 29), a través de conexiones domiciliarias y cantareras.

En la cuenca el Jute el 91% de las familias son abastecidas por ANDA y en la cuenca San Antonio el 53% (figura 10).

Cuadro 26. Familias con sistemas de abastecimiento de agua por proveedor de agua.

Cuenca	Sistema Comunitario		ANDA		Sistema municipal		Total de familias
	Número de familias	Porcentaje	Número de familias	Porcentaje	Número de familias	Porcentaje	
El Jute	548	9%	5,768	91%	0	0%	6,316
San Antonio	233	10%	1,239	53%	852	37%	2,324



Fuente: Ruíz O. 2014

Figura 10. Porcentaje de familias con sistemas de abastecimiento de agua por proveedor de agua.

El servicio de abastecimiento de agua potable que da ANDA es deficiente, ya que hay comunidades que reciben agua solamente una vez por semana, por lo que estas personas tienen que buscar otras fuentes de agua para abastecerse, en algunos casos hacen uso del agua de los ríos El Jute y San Antonio para recreación, lavado y consumo humano, muchas veces sin darle un tratamiento de desinfección a nivel casero antes de su uso.

Con el proyecto “Mejoramiento del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable del Sur Este de Santa Tecla, Sur Este de Antiguo Cuscatlán, Nuevo Cuscatlán, Zaragoza y San José Villa Nueva, departamento de la Libertad” (FIHIDRO), se hubiera superado esta problemática, ya que con él se crearían 22,000 acometidas para comunidades y 14,500 acometidas para las residenciales, pero en la actualidad no se tiene claridad sobre cuantas acometidas han sido puestas a disposición de las comunidades; sin embargo, está claro que las nuevas residenciales si cuentan con el servicio de agua que es suministrado en la mayoría de ellas por ANDA.

FIHIDRO fue creado con el objetivo de proporcionar a estas poblaciones el servicio de abastecimiento de agua potable con calidad, cantidad y continuidad adecuada, a través de la ampliación del sistema de abastecimiento, el cual fue creado en el año 2006, ya que no se contaba con un abastecimiento de agua que permitiera un adecuado suministro a los futuros residentes, debido al incremento de diferentes complejos habitacionales en esta zona, y por lo tanto, este proyecto de abastecimiento de agua era vital.

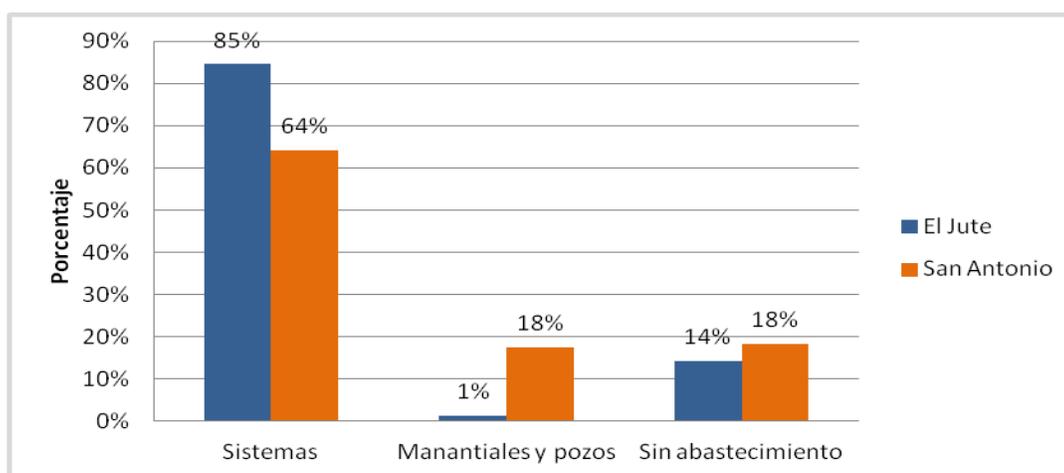
FIHIDRO se lleva a cabo a través del Fiduciario que es el Banco Multisectorial de Inversiones (BMI), y posteriormente será entregado a la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA) en calidad de donación.

### **7.6.2 Familias sin abastecimiento de agua**

El 14% de las familias en la cuenca El Jute y el 18% de las familias de la cuenca San Antonio, no cuentan con el suministro de agua en sus viviendas (figura 11).

Cuadro 27. Familias con abastecimiento de agua según fuente de donde se abastecen.

Cuenca	Sistema de abastecimiento de agua		Manantiales y pozos		Sin abastecimiento		Total familias
	Número de familias	Porcentaje	Número de familias	Porcentaje	Número de familias	Porcentaje	
El Jute	6,316	85%	95	1%	1,061	14%	7,472
San Antonio	2,324	64%	634	18%	662	18%	3,620



Fuente: Ruíz O. 2014

Figura 11. Familias con abastecimiento de agua según fuente.

## 7.7 Descripción de los sistemas de abastecimiento de agua

Las comunidades en estas cuencas son abastecidas de agua a través de sistemas comunitarios y sistema municipal.

### 7.7.1 Sistemas comunitarios

Entre los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua están: Agua Escondida No. 1, Agua Escondida No. 2, Camino al Mar, la Asociación Comunal de Agua Potable de las comunidades Brisas del Mar No. 1, Altos de Brisas del Mar, pasaje La Pozada y El Coplanar (ASCOBAPCO), El Triunfo, Bosque Verde, Gallo Solo, Ticuiziapa y Asuchío.

Cuadro 28. Descripción de sistemas de abastecimiento de agua.

Sistema de abastecimiento	Descripción
<p data-bbox="326 289 618 321">Agua Escondida No. 1</p> 	<p data-bbox="743 289 1396 762">Sistema que abastece a 38 familias, funciona desde el año 1997, ubicado en el kilómetro 27 en el caserío Agua Escondida No.1 cantón El Cimarrón, tiene como fuente de captación un manantial, el sistema de distribución es por bombeo con bomba sumergible y tiene una potencia de 5 HP, la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 1” y longitud de 1 km. El sistema no tiene micromedición.</p>
<p data-bbox="326 789 618 821">Agua Escondida No. 2</p> 	<p data-bbox="743 789 1396 1266">Abastece a 85 familias, funciona desde el año 2000, ubicado en el cantón El Cimarrón, municipio de La Libertad, con fuente de captación del río El Jute y pozo, el sistema es por bombeo con bomba sumergible y con potencia de 7 HP, cuenta con tanque de captación y distribución, la red de distribución consta de tubería de PVC, diámetro de 2” y longitud de 1 km. El sistema no tiene micromedición.</p>
<p data-bbox="375 1293 570 1325">Camino al mar</p> 	<p data-bbox="743 1293 1396 1875">Abastece a 83 familias, funciona desde el año 2002, está ubicado en la comunidad Camino al Mar, cantón El Cimarrón, municipio de La Libertad, con fuente de captación de un manantial y dos pozos, el sistema es por bombeo, las bombas son de tipo sumergible y tienen una potencia de 1 y 3 HP, cuenta con tanque de distribución y la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 2” al inicio del sistema y termina con diámetro de 1”, longitud de 1.5 km. El sistema tiene micromedición.</p>

Continuación cuadro 28. Descripción de sistemas de abastecimiento de agua.

Sistema de abastecimiento	Descripción
<p data-bbox="329 304 634 333">Sistema ASCOBAPCO</p> 	<p data-bbox="764 359 1395 827">Abastece a 217 familias, funciona desde el año 2002, ubicado en la comunidad El Coplanar, cantón El Cimarrón, municipio de La Libertad, con fuente de captación de un pozo, el sistema es por bombeo con bomba sumergible y potencia de 10 HP, cuenta con tanque de distribución y la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 2" y longitud de 4.0 km. El sistema tiene micromedición.</p>
<p data-bbox="412 852 552 882">El Triunfo</p> 	<p data-bbox="764 852 1395 1377">Sistema que abastece a 37 familias, funciona desde el año 2002, ubicado en la comunidad El Triunfo, cantón El Cimarrón, municipio de La Libertad, con fuente de captación de un pozo, el sistema es por bombeo con bomba sumergible y una potencia de 1.5 HP, cuenta con tanque de distribución y la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 1.1/2" y longitud de 0.50 km. El sistema tiene micromedición.</p>
<p data-bbox="389 1400 574 1430">Bosque Verde</p> 	<p data-bbox="764 1400 1395 1818">Sistema que abastece a 20 familias, funciona desde el año 2002, ubicado en la comunidad El Bosque Verde, cantón Tepeagua, municipio de La Libertad, con fuente de captación de manantial, el sistema es por gravedad, la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 2" y longitud de 1.0 km. El sistema no tiene micromedición.</p>

Continuación cuadro 28. Descripción de sistemas de abastecimiento de agua.

Sistema de abastecimiento	Descripción
<p style="text-align: center;">Gallo Solo</p> 	<p>Abastece a 38 familias, funciona desde el año 2007, ubicado en la comunidad El Gallo Solo, cantón El Cimarrón, municipio de La Libertad, con fuente de captación de manantial, el sistema es por gravedad, la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 1/4" y longitud de 0.25 km. El sistema no tiene micromedición.</p>
<p style="text-align: center;">Ticuiziapa</p> 	<p>Sistema que abastece a 38 familias, funciona desde el año 2007, ubicado en la comunidad Ticuiziapa, cantón San Diego, municipio de La Libertad, con fuente de captación de pozo, el sistema es por bombeo con bomba sumergible con potencia de 5 HP, la red de distribución consta de tubería de PVC con diámetro de 2" y longitud de 0.50 km. El sistema no tiene micromedición.</p>
<p style="text-align: center;">Asuchío</p> 	<p>Sistema comunitario domiciliario, funciona desde el año 2006, ubicado en la comunidad Asuchío, cantón San Sebastián, municipio de Zaragoza, con fuente de captación del río Asuchío, el sistema tiene micromedición y se da tratamiento de desinfección (cloración) al agua en el tanque de distribución.</p>

### **7.7.2 Sistema municipal**

En Nuevo Cuscatlán, el sistema de abastecimiento de agua es administrado por la Alcaldía de dicho municipio, el cual es abastecido por 6 pozos, cuatro pozos están ubicados en la comunidad Zamora Rivas, un pozo industrial en el Casco Urbano y un pozo en Lomas de Santa Elena; dicho sistema cuenta con cuatro tanques de distribución que están ubicados en el casco urbano, comunidad 7 de marzo, Pajarito 1 y Altos de Nuevo Cuscatlán, respectivamente. Este sistema de agua abastece a las comunidades: Esperanza 1, Altos de Nuevo Cuscatlán, 7 de Marzo, Pajarito 1, Pajarito 2, Casco Urbano, El Milagro.

Las comunidades Zamora Rivas, Monseñor Arnulfo Romero, Álvaro Rodríguez, Cuartería, San Antonio y Polideportivo, son abastecidas por medio de cantareras o pipas cisternas, en las cuales no se paga el servicio del agua, por lo que las familias abastecidas reciben el servicio de agua de forma gratuita.

### **7.8 Diagnóstico de los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua**

Se recolectó información de ocho sistemas comunitarios de abastecimiento de agua potable: Agua Escondida No. 1, Agua Escondida No. 2, Camino al Mar, ASCOBAPCO, El Triunfo, Bosque Verde, Gallo Solo y Ticuiziapa tomando en cuenta:

- a) Aspectos de organización
- b) Aspectos administrativos
- c) Aspectos de calidad del servicio
- d) Aspectos ambientales
- e) Aspectos legales

Encontrándose los siguientes resultados:

- 1) Desinfección del agua

Del 100% de los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua, el 37.5% está dando tratamiento de desinfección al agua que suministra, el método utilizado es la cloración, siendo el límite recomendado seguro y deseable de cloro residual libre de 1.1 mg/l, en la primera vivienda más próxima al punto de inyección al sistema de abastecimiento de agua y en los puntos más alejados del sistema de distribución de 0.3 mg/l, después de 30 minutos de

contacto, con el propósito principal de reducir al 99.99% de patógenos entéricos. La frecuencia con que se determina esta prueba es una al día.

## 2) Micromedición

Del 100% de los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua, el 37.5% tiene micromedición, siendo estos los sistemas: Camino al Mar, ASCOBAPCO y el Triunfo.

## 3) Mantenimiento al Sistema de Agua

De los sistemas comunitarios evaluados, el 62% recibe algún tipo de mantenimiento, encontrándose que en los sistemas Camino al Mar, ASCOBAPCO y el Triunfo, el mantenimiento es de tipo preventivo, y en los sistemas Agua Escondida No. 1 y Ticuiciapa el mantenimiento es de tipo correctivo.

## 4) Parámetros físicos, químicos y microbiológicos de agua

Del 100% de los sistemas evaluados, ninguno realiza análisis físicos, químicos ni microbiológicos.

Del 100% de los sistemas evaluados, solamente en el 37.5% realizan parámetros microbiológicos una vez al año, siendo estos sistemas: Camino al Mar, ASCOBAPCO y el Triunfo.

Según la Norma, por el tamaño de la población abastecida por estos sistemas de agua, los análisis microbiológicos se deben realizar con un período de muestras consecutivas de una vez al mes.

Durante la realización de esta investigación se implementó el control de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en el 100% de los sistemas.

## 5) Zonas de recarga acuífera

De los sistemas evaluado,s en el 100% no se reconoce la zona de recarga acuífera.

#### 6) Educación ambiental

En el 100% de los sistemas evaluados no se realizan procesos de capacitación sobre los usos del agua ni sobre la conservación y manejo de los recursos naturales.

### **7.9 Propuestas para la conservación, protección y uso sostenible de las fuentes de agua utilizadas en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio.**

En base a la información recolectada durante las visitas realizadas a las fuentes de agua y a los sistemas de abastecimiento de agua potable, que son utilizados por la población que habita en los alrededores de las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio, se hace el planteamiento de tres propuestas para la conservación, protección y uso sostenible del recurso hídrico:

- 1) Organización comunitaria para tener acceso al servicio de abastecimiento de agua potable de tipo domiciliario en cantidad y calidad, y al saneamiento básico.
- 2) Protección de fuentes de agua (manantiales) que son utilizadas para abastecimiento de agua en las comunidades de las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio.
- 3) Fortalecimiento de los sistemas comunitarios de agua potable existentes en las cuencas El Jute y San Antonio.

Para que estas propuestas se realicen se sugiere que las comunidades involucradas busquen apoyo y colaboración en organizaciones gubernamentales y no gubernamentales que tienen acción en la cuenca, entre estas: las alcaldías de Nuevo Cuscatlán, Zaragoza, San José Villa Nueva y la Libertad a través de la Unidad Ambiental, Comité de Rescate de las Cuencas de La Libertad (CORCULL), ACUA, Ministerio de Salud, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, otros.

Además, los resultados de esta investigación deben de ser divulgados a través de seminarios o foros con participación de las unidades ambientales de las alcaldías de los municipios que comprenden las cuencas, de los diferentes actores locales y nacionales, y de la población en general.

Propuesta No. 1	
<b>Organización comunitaria para tener acceso al servicio de abastecimiento de agua potable de tipo domiciliario en cantidad y calidad, y al saneamiento básico.</b>	
<b>Objetivo</b>	Lograr el abastecimiento de agua para las comunidades que carecen del acceso de agua domiciliario, a través de la conformación de una organización comunitaria gestora del agua.
<b>Justificación</b>	El agua es un recurso necesario para vivir y que cada día se hace más escaso, por lo cual es necesario que todas las comunidades tengan acceso a este vital líquido, tanto en cantidad como en calidad, para el consumo y la realización de las actividades domésticas.
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Organización de cada una de las comunidades que carecen del servicio de abastecimiento de agua potable domiciliario, a través de la creación de una Junta Administradora del Sistema de Abastecimiento de Agua Potable, que sea una estructura gestora del agua que trabaje en cada zona de la cuenca.</li> <li>-Legalización de la Junta Administradora del Sistema de Agua Potable para cumplir con las obligaciones y tener derechos y beneficios de diferentes organizaciones gubernamentales y no gubernamentales.</li> <li>-Elaborar un estudio de factibilidad técnica y una Carpeta técnica del proyecto para gestionar la introducción del servicio de agua potable domiciliario y de saneamiento básico en cada comunidad.</li> <li>-Elaborar un estudio socioeconómico del proyecto para definir las tarifas de pago, la sostenibilidad del proyecto, las contrapartidas y las dotaciones de agua a proporcionar por el sistema de agua.</li> <li>-Elaborar un Manual de Administración y Funciones, y un Manual de Operación y Mantenimiento, de la Junta Administradora del Sistema de Agua Potable.</li> <li>-Construir en cada vivienda de la comunidad una acometida con micromedición para proporcionar el servicio de agua potable domiciliario, y una letrina.</li> <li>-Capacitación constante y permanente de la población sobre el</li> </ul>

	<p>cuidado, uso y manejo sostenible del agua y de los recursos naturales en general.a través de una Junta Administradora del Sistema de Abastecimiento de Agua, que sea una estructura gestora del agua que trabaje en cada zona de la cuenca.</p> <p>-Todos los nuevos sistemas de abastecimiento de agua potable que se organicen se deben de incorporar a la Asociación de Sistemas Autónomos de Agua Potable y Saneamiento (ASAPS), con el propósito de fortalecer su nivel de organización y gestión.</p>
<b>Resultados esperados</b>	<p>Las familias de las comunidades El Conacaste, Santa María 1, La Estancia, San Carlos, Corinto 1, Agua Escondida 1 y 2, colonia San Antonio 1 y de la colonia Santa Teresa, cuentan con un sistema de abastecimiento de agua potable de tipo domiciliario que es administrado por una Junta Administradora del Sistema de Agua Potable.</p>
<b>Comunidades beneficiadas</b>	<p>El Conacaste, Santa María 1, La Estancia, San Carlos, Corinto 1, Agua Escondida 1 y 2, San Antonio, Santa Teresa.</p>

Propuesta No. 2	
<b>Protección de fuentes de agua (manantiales) que son utilizadas para abastecimiento de agua en las comunidades de la cuenca de los ríos El Jute y San Antonio.</b>	
<b>Objetivo</b>	Proteger las diferentes fuentes de agua que son utilizadas para abastecimiento, utilizando infraestructura adecuada.
<b>Justificación</b>	Muchas comunidades de las cuencas El Jute y San Antonio no cuentan con abastecimiento de agua potable, razón por la cual se ven en la necesidad de abastecerse de agua haciendo uso de los manantiales. Para preservar las fuentes de agua y debido al grado de contaminación encontrado en los manantiales, se considera necesario y prioritario el protegerlos utilizando infraestructura adecuada, con ello se podrá garantizar que estas fuentes de agua no estén siendo contaminadas de forma antropogénica o por escorrentía, ayudando así a mejorar la calidad de vida de los usuarios.
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Realización del diagnóstico y caracterización de cada fuente de agua.</li> <li>-Delimitación, protección y conservación de las Zonas de Recarga de cada una de las fuentes de agua.</li> <li>-Elaboración de carpetas técnicas de factibilidad para la protección de las fuentes de agua.</li> <li>-Implementación de obras de infraestructura en las fuentes de agua.</li> <li>-Establecimiento de un Plan de operación y mantenimiento de las fuentes de agua.</li> <li>-Establecimiento de un Plan de monitoreo del uso adecuado de la fuente utilizada como sistema de agua.</li> <li>-Realización de capacitación a los usuarios sobre el manejo adecuado del agua.</li> </ul>
<b>Resultados esperados</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manantiales con infraestructura adecuada para su protección.</li> <li>- Mayor disponibilidad de agua de calidad para consumo humano en las comunidades usuarias de estos manantiales.</li> </ul>
<b>Comunidades beneficiadas</b>	San Ernesto (manantial El Cedro), Villas de Zaragoza (manantial El Tanque), Santa María (manantial La Pila), La Borja (manantial El

	tanque), Complejo Habitacional 1 y 2 (manantial El Tanque), Camino al Mar (manantial La Zona Verde), El Porvenir (manantial Muyuapa, los conacastes), El Sálamo (manantial Las Pilas), El Progreso (manantial El Guarumo).
--	--

Propuesta No. 3	
<b>Fortalecimiento de los sistemas comunitarios de agua potable existentes en las cuencas El Jute y San Antonio.</b>	
<b>Objetivo</b>	Fortalecer los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua potable existentes en las cuencas El Jute y San Antonio
<b>Justificación</b>	Los sistemas comunitarios de abastecimiento de agua potable que existen en las cuencas El Jute y San Antonio han sido evaluados considerando la organización, administración, calidad del servicio, aspectos ambientales y legales, presentando debilidades en alguno de ellos, los cuales son considerados vitales para un funcionamiento adecuado de dichos sistemas, por lo que es necesario el fortalecimiento de los sistemas de abastecimiento de agua en los temas antes detallados, para llegar a considerarse sostenibles.
<b>Actividades</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Revisión y actualización de los Estatutos de cada Junta de Agua.</li> <li>- Revisión y actualización del Manual de Operación y Funcionamiento del sistema de agua potable.</li> <li>- Revisión y actualización del Manual de Administración de la Junta de agua.</li> <li>- Instalación de micromedidores en los sistemas de abastecimiento de agua de: Agua Escondida 1, Agua Escondida 2, Bosque Verde, Gallo Solo y Ticuiciapa.</li> <li>- Implementación de un programa de mantenimiento preventivo y correctivo para la infraestructura en todos los sistemas de agua.</li> <li>- Implementación de un programa de monitoreo de la calidad del agua que incluya parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en todos los sistemas de abastecimiento de agua, a través de los Promotores de salud en cada comunidad.</li> <li>- Identificación, delimitación y protección de las zonas de recarga acuífera de cada sistema de abastecimiento de agua, para implementar medidas de conservación.</li> <li>- Establecimiento de un programa de capacitación sobre de</li> </ul>

	<p>educación ambiental, para la sensibilización de los usuarios sobre el uso, conservación y manejo del recurso hídrico, a través de campañas programadas por medio de los administradores del recurso.</p>
<p><b>Resultados esperados</b></p>	<p>Que todos los sistemas de abastecimiento de agua cuenten con:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Micromedición domiciliaria.</li> <li>- Programa de mantenimiento preventivo y correctivo.</li> <li>- Monitoreo de Calidad del Agua que suministran a los usuarios.</li> <li>- Sensibilización de los usuarios de los sistemas de agua sobre la protección del medio ambiente.</li> </ul>
<p><b>Comunidades beneficiadas</b></p>	<p>Agua Escondida No. 1, Agua Escondida No. 2, Camino al Mar, Brisas del Mar No.1, Altos de Brisas del Mar, pasaje La Pozada , El Coplanar, El Triunfo, Bosque Verde, Gallo Solo, Ticuiciapa y Asuchío.</p>

## VIII. Conclusiones

- Al determinar el Índice de Calidad de Agua (ICA) en la parte alta, media y baja de las aguas de los ríos El Jute y San Antonio, se encontró que el 91% de los sitios evaluados presentan agua con categoría Mala y el 9% presenta agua de categoría Regular, desde el punto de vista ambiental, por lo cual el agua no es recomendable para uso humano.
- Los resultados de los análisis del agua de los ríos El Jute y San Antonio, a través de los parámetros Coliformes fecales, Oxígeno Disuelto y Demanda Bioquímica de Oxígeno, demuestran que el agua no es apta para el consumo humano, ya que no se puede potabilizar, según el Reglamento sobre la Calidad del Agua, el Control de Vertidos y las Zonas de Protección.
- Los análisis del agua de las quebradas que desembocan en los ríos El Jute y San Antonio, a través de los parámetros: Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Sedimentables, Plomo y Turbidez, demuestran que esas aguas no cumplen con la Norma de Descargas a un Cuerpo Receptor NSO 13.49.01:09.
- Según los resultados de los análisis del agua de los pozos y manantiales ubicados en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio, éstos tienen contaminación microbiológica ya que se encontraron concentraciones de Coliformes totales, Coliformes fecales y Bacterias heterótrofas, que sobrepasan el valor máximo permisible establecido en la Norma Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08.
- A pesar que en el municipio de Nuevo Cuscatlán existe infraestructura para dar un tratamiento de desinfección al agua en la red de distribución, en la actualidad no se hace de manera adecuada y constante, ya que se encontró que el 27% de los sitios evaluados no cumplen con los límites máximos permisibles de parámetros microbiológicos, según la Norma Obligatoria de Agua Potable NSO 13.07.01:08.

## **IX. Recomendaciones**

- Los actores locales ubicados en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio deben exigirle al Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) y al Ministerio de Salud (MINSAL), el cumplimiento de la legislación existente sobre el recurso hídrico, ya que el alto grado de contaminación y el deterioro de este recurso es debido en parte a la falta o poco cumplimiento de estos reglamentos y políticas existentes.
- Las unidades ambientales de las alcaldías municipales de Santa Tecla, Nuevo Cuscatlán, Zaragoza, San José Villa Nueva y La Libertad, deben realizar monitoreos constantes de la calidad del agua de los ríos, para conocer los lugares de contaminación que están afectando a las comunidades de la zona y tomar las medidas de corrección y sanción de inmediato.
- Cada Municipalidad y Juntas de Agua que administran y operan sistemas de abastecimiento de agua potable deben de establecer un plan de monitoreo constante de la calidad del agua de las diferentes fuentes y sistemas de abastecimiento de agua, para detectar y evaluar posibles riesgos para la salud de la población usuaria de este servicio.
- Todas las personas que se abastecen de agua de ríos, pozos y manantiales, deben de utilizar métodos convencionales de desinfección del agua como el uso de filtros y la aplicación de cloro.
- Cada sistema de abastecimiento de agua que en la actualidad no está desinfectando el agua de consumo, debe iniciar de inmediato con la cloración del agua, lo cual disminuirá la contaminación de tipo microbiológica que presentan actualmente dichos sistemas de agua.

- Implementar en todos los sistemas de abastecimiento de agua comunitarios y municipales la micromedición domiciliaria, acompañada de jornadas de capacitación del personal operativo, para garantizar una administración eficiente de los sistemas.
- Cada sistema de agua comunitario debe organizarse para gestionar su pronta legalización, lo cual les permitirá que Organizaciones del Gobierno y No Gubernamentales, puedan apoyarlos en el desarrollo de los diferentes proyectos relacionados al buen manejo y sostenibilidad de los recursos hídricos.
- Las Juntas Administradoras de Sistemas de Agua, con la colaboración de los actores locales y de otras entidades de apoyo, deben desarrollar programas educativos sobre el uso, manejo y preservación del medio ambiente, con toda la población usuaria de su servicio.
- Las comunidades ubicadas en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio, deben de gestionar las Propuestas elaboradas producto de esta investigación, con Organizaciones Gubernamentales y No Gubernamentales que tienen acción en la zona.
- Las Alcaldías Municipales de Nuevo Cuscatlán, Santa Tecla, Zaragoza, San José Villa Nueva y la Libertad, deben de elaborar al menos una Ordenanza Municipal sobre la Protección, Conservación y el Uso de los Recursos Hídricos, para evitar y disminuir la contaminación de las fuentes de agua ubicadas en las cuencas de los ríos El Jute y San Antonio.
- Los resultados de esta investigación deben de ser divulgados a través de seminarios o foros con participación de las unidades ambientales de las alcaldías de los municipios que comprenden las cuencas, de los diferentes actores locales y nacionales, y de la población en general.

## X. Bibliografía

- ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, SV). 1961. Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (en línea). Consultada 23 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/ley-de-la-administracion-nacional-de-acueductos-y-alcantarillados-anda>
- ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados, SV). 2010. Boletín Estadístico (en línea). Consultado 10 jun. 2013. Disponible en [http://www.anda.gob.sv/administrator/components/com\\_docestandar/upload/documentos/boletin-estadistico-2010.pdf](http://www.anda.gob.sv/administrator/components/com_docestandar/upload/documentos/boletin-estadistico-2010.pdf)
- APHA (American Public Health Association), AWWA (American waters works Association), WPCF (Water Pollution Control Federation). 1992. Métodos normalizados para el análisis de aguas potables y residuales. 17a Edición. Madrid, España. Ediciones Díaz de Santos S.A. 1816 p.
- Asamblea Constituyente. 1983. Constitución de la República de El Salvador (en línea). Consultada 23 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/constitucion-de-la-republica>
- Aurazo, M. 2004. Manual para análisis básicos de calidad del agua de bebida (en línea). CEPIS/OPS. Consultado 1 jun. 2013. Disponible en <http://www.bvsde.paho.org/bvsacg/fulltext/manual.pdf>
- Barrenechea, A. 2009. Aspectos físicos de la calidad del agua (en línea). Consultado 22 de Junio de 2013. Disponible en <http://www.bvsde.ops-oms.org/bvsatr/fulltext/tratamiento/manualI/tomoI/uno.pdf>

- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, SV). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13.49.01:09 (en línea). Consultado 2 jun. 2013. Disponible en [http://estadisticas.cne.gob.sv/docs/Legislacion/ambiental/Norma\\_Aguas\\_Residuales.pdf](http://estadisticas.cne.gob.sv/docs/Legislacion/ambiental/Norma_Aguas_Residuales.pdf)
- CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología SV). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07. 01:08 Agua, Agua Potable (en línea). Consultado 2 jun. 2013. Disponible en [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA\\_AGUA\\_POTABLE\\_2\\_a.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_POTABLE_2_a.pdf)
- Drinan, J; Spellman, FR. 2000. Manual del Agua Potable. Trad. AB Celma. Zaragoza España. Editorial Acribia. 255 p.
- FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, IT) 2007. La nueva generación de programas y proyectos de gestión de cuencas hidrográficas (en línea). Roma. Consultado 30 may. 2013. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/010/a0644s/a0644s00.htm>
- Faustino, J; Jiménez, F. 2000. Manejo de Cuencas Hidrográficas. CATIE. Turrialba, Costa Rica. s.p.
- Faustino, J; Jiménez, F; Campos, J. 2006. La Cogestión de Cuencas en América Central. Turrialba, CR. CATIE. p. 18, 21.
- Jiménez, F. 2010. Introducción al manejo y gestión de cuencas hidrográficas (en línea). Costa Rica, Turrialba. CATIE. Consultado jun. 5. 2013. Disponible en <http://es.scribd.com/doc/106224773/La-cogestion-de-cuencas-hidrograficas-2010>

- MAG (Ministerio de Agricultura y Ganadería, SV). 1970. Ley de Riego y Avenamiento (en línea). Consultado 23 jun. 2013. Disponible en [http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255)
  
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV). 2011. Informe de la calidad de los ríos de El Salvador 2011 (en línea). Consultado 20 jun. 2013. Disponible en <http://www.snet.gob.sv/ver/hidrologia/monitoreo+hidrologico/calidad+de+agua/calidad+de+agua+2011/>
  
- MARN (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, SV). 1998. Ley del medio ambiente (en línea). Consultado 24 jun. 2013. Disponible en [http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com\\_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255](http://www.marn.gob.sv/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=6&Itemid=255)
  
- Medina, G. 1981. Integración y Coordinación: Requisitos para el Desarrollo Rural Integrado. Cuadernos de CEFRAL 11, pág. 38 (en línea). Consultado 24 jul. 2013. Disponible en [http://www.crefal.edu.mx/crefal2013/index.php?option=com\\_content&view=article&id=248&Itemid=39](http://www.crefal.edu.mx/crefal2013/index.php?option=com_content&view=article&id=248&Itemid=39)
  
- Ministerio de Justicia. 1997. Código penal (en línea). Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/codigo-penal>
  
- Ministerio del Interior . 1986. Código Municipal (en línea). Consultado 25 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/codigo-municipal>

- MIPLAN (Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, SV). 1987. Reglamento sobre la calidad del agua, el control de vertidos y las zonas de protección (en línea). Consultado 23 jun. 2013. Disponible en <http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/leyes/Decreto%20No.50.pdf>
  
- MIPLAN (Ministerio de Planificación y Coordinación del Desarrollo Económico y Social, SV). 1981. Ley sobre Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (en línea). Consultado 24 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/ley-sobre-gestion-integrada-de-los-recursos-hidricos>
  
- Mora, D. 1996. Situación del agua de consumo humano y evacuación de excretas en América Latina y el Caribe. Reunión Regional sobre la Calidad del Agua Potable. Lima, CEPIS. 14 p.
  
- Mora, J; Sumpsi, JM. 2004. Desarrollo Rural: Nuevos enfoques y perspectivas. Cuadernos FODEPAL (en línea). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en [http://www.researchgate.net/publication/215749757\\_Desarrollo\\_Rural\\_nuevos\\_enfoques\\_y\\_perspectiva](http://www.researchgate.net/publication/215749757_Desarrollo_Rural_nuevos_enfoques_y_perspectiva)
  
- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, SV). 1988. Código de Salud (en línea). Consultado 23 jun. 2013. Disponible en <http://www.asamblea.gob.sv/eparlamento/indice-legislativo/buscador-de-documentos-legislativos/codigo-de-saulud>
  
- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, SV). 2009. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.02:08 (en línea). Consultado 22 Jul. 2013. Disponible en [http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA\\_AGUA\\_ENVASADA08.pdf](http://usam.salud.gob.sv/archivos/pdf/normas/NORMA_AGUA_ENVASADA08.pdf)

- MSPAS (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social SV).2009. Boletín Integrado de Indicadores en Salud. Consultado 22 jul. 2013. Disponible en:  
[http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/Boletin\\_de\\_indicadores\\_del\\_Sistema\\_Nacional\\_de\\_Salud\\_2009.pdf](http://www.salud.gob.sv/archivos/pdf/Boletin_de_indicadores_del_Sistema_Nacional_de_Salud_2009.pdf)
  
- Nova 60. s.f. Manual de procedimientos (en línea). Consultado 10 jun. 2013. Disponible en:  
[http://www.amco-instruments.com/index\\_files/pdf/amnova.pdf](http://www.amco-instruments.com/index_files/pdf/amnova.pdf)
  
- Ongley, E. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos. Estudio de la FAO riego y drenaje. Roma, Italia. FAO. 116 p.
  
- OMS (Organización Mundial para la Salud, CH). 2006. Guías para la calidad del agua potable (en línea). Consultado 24 jul. 2013. Disponible en  
[http://www.who.int/water\\_sanitation\\_health/dwq/gdwq3\\_es\\_full\\_lowres.pdf](http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/gdwq3_es_full_lowres.pdf)
  
- ONU (Organización de las Naciones Unidas, US). (s.f.) Lista Oficial de los Indicadores de Desarrollo del Milenio (en línea). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en  
<http://mdgs.un.org/unsd/mdg/Home.aspx>.
  
- Pérez, B; Carrillo, E. 2000. Desarrollo local: Manual de Uso. Ed. ESIC-FAMP. Madrid. 676 p (en línea). Consultado 24 jul. 2013. Disponible en  
[http://books.google.es/books?id=ocex43\\_9kN8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](http://books.google.es/books?id=ocex43_9kN8C&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
  
- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, US). 2011. Objetivos de Desarrollo del Milenio: Informe 2011 (en línea). Consultado 25 jul.2013. Disponible en:  
[http://www.undp.org/cu/documentos/MDG\\_Report\\_2011\\_SP.pdf](http://www.undp.org/cu/documentos/MDG_Report_2011_SP.pdf)

- PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, US). 2012. Objetivos de Desarrollo del Milenio: Informe 2012 (en línea). Consultado 25 jul. 2013. Disponible en  
<http://www.undp.org/content/undp/es/home/librarypage/mdg/the-millennium-development-goals-report-2012/>
  
- Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas: Conceptos y Experiencias (en línea). San José, CR. GTZ/IICA. Consultado jun. 5. Disponible en  
[http://books.google.com.gt/books?id=\\_JL28RE5CIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false](http://books.google.com.gt/books?id=_JL28RE5CIC&printsec=frontcover&hl=es#v=onepage&q&f=false)
  
- Roldan, GA. 2003. Bioindicación de la calidad del agua de Colombia. Ciencia y tecnología. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Colombia. p. 1 – 9.
  
- Ruíz, OA. 2014. Cobertura y acceso de agua potable en las cuenca El Jute y San Antonio. ACUA. El Salvador. s.p.
  
- Salcedo, D. 2005. Una definición operativa del desarrollo local para El Salvador (en línea). Consultado 25 jun. 2013. Disponible en  
<http://www.uca.edu.sv/revistarealidad/archivo/4cbc6854ec137undefinicionoperativa.pdf>
  
- Sheng, TC. 1992. Manual de campo para la ordenación de cuencas hidrográficas. Estudios y planificación de cuencas hidrográficas. Guía FAO conservación 13/6. Roma. FAO. 185 p.
  
- Shimadzu Corporation. s.f. Japanese Industrial Standard JIS K-102-1993. Testing methods for industrial waste water Environmental standard concerning water contamination. Atomic Absortion, Iron Determination. s.p.

- Sierra, CA. 2011. Calidad del agua, evaluación y diagnóstico. Ed. LD López. Bogotá, Colombia. Digiprint. 457 p.
  
- Sistema de Naciones Unidas El Salvador. 2009. Segundo Informe de Nación Alcancemos los Objetivos de Desarrollo Milenio en el 2015: Bases para el plan de cumplimiento (en línea). El Salvador. Consultado 24 jul. 2013. Disponible en [http://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/english/MDG%20Country%20Reports/EI%20Salvador/EI%20Salvador\\_MDGReport\\_2009\\_SP.pdf](http://www.undp.org/content/dam/undp/library/MDG/english/MDG%20Country%20Reports/EI%20Salvador/EI%20Salvador_MDGReport_2009_SP.pdf)
  
- SNET (Servicio Nacional de Estudios Territoriales SV). 2009. Índice de Calidad de Agua general (ICA) (en línea). Consultado 2 jun. 2013. Disponible en [www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf](http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf)
  
- Tebbutt, TH. 2002. Fundamentos de control de calidad del agua. Trad. R Arrijoa.. 3 ed. México. Limusa. 239 p.

## XI. Anexos

### Anexo 1. Sitios de muestreo de aguas residuales.



Quebrada La Esmeralda, cantón Nuevo Cuscatlán,  
municipio Nuevo Cuscatlán.



Quebrada Las Piletas, cantón Ayagualo, municipio  
Santa Tecla.



Quebrada Cristo Negro, cantón Ayagualo,  
municipio Santa Tecla.



Quebrada El Zaito, cantón San Francisco, municipio  
Zaragoza.



Quebrada Zaragoza, cantón San Francisco,  
municipio Zaragoza.



Quebrada Brisas de Zaragoza, cantón San  
Francisco, municipio Zaragoza.

Anexo 2. Sitios de muestreo del río San Antonio.



Comunidad El Matazano, cantón El Matazano, municipio San José Villa Nueva (época lluviosa).



Comunidad El Matazano, cantón El Matazano, municipio San José Villa Nueva (época seca).



Comunidad Santa María, cantón Las Dispensas, municipio San José Villa Nueva (época lluviosa).



Comunidad Santa María, cantón Las Dispensas, municipio San José Villa Nueva (época seca).



Toma de muestra en Comunidad El Guayabo, cantón Tula, municipio San José Villa Nueva.



Comunidad Ticuziapa, cantón San Diego, municipio La Libertad.

Anexo 3. Sitios de muestreo del río El Jute.



Comunidad La Esmeralda, cantón San Sebastián, municipio Zaragoza (época lluviosa).



Comunidad La Esmeralda, cantón San Sebastián, municipio de Zaragoza (época seca).



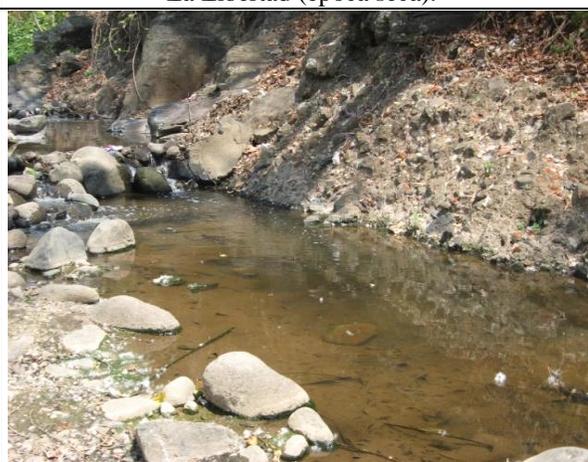
Comunidad El Jute 1, cantón El Cimarrón, municipio La Libertad (época lluviosa).



Comunidad El Jute 1, cantón El Cimarrón, municipio La Libertad (época seca).



Comunidad Agua Escondida No.2, cantón Guadalupe, municipio Zaragoza (época lluviosa).



Comunidad Agua Escondida No.2, cantón Guadalupe, municipio Zaragoza (época seca).

Anexo 4. Sitios de muestreo de manantiales.



Manantial El Cedro, comunidad San Ernesto, cantón El Matazano, municipio San José Villa Nueva.



Manantial El tanque, comunidad Villas de Zaragoza, cantón San Francisco, municipio Zaragoza.



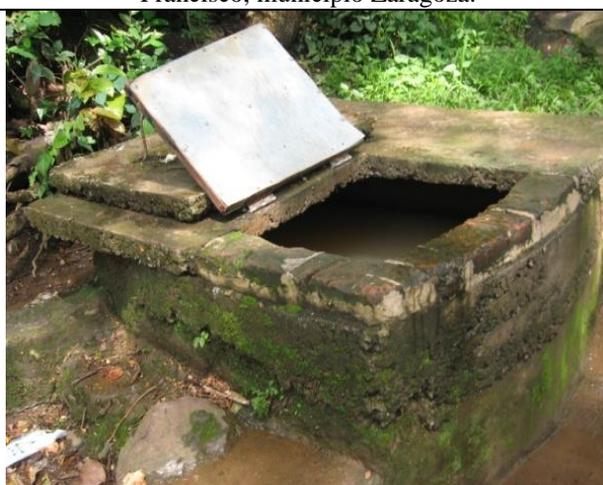
Manantial La Pila, comunidad Santa María, cantón Las Dispensas, municipio Sal José Villa Nueva.



Manantial El Tanque, comunidad La Borja, cantón San Francisco, municipio Zaragoza.



Manantial La Zona Verde, comunidad Camino al Mar, cantón El Cimarrón, municipio La Libertad.



Manantial Muyuapa, comunidad El Porvenir, cantón Tula, municipio San José Villa Nueva



Manantial El Guarumo, comunidad El Progreso, cantón El Barillo, municipio Zaragoza.



Manantial El Tanque, comunidad Complejo San José No. 2, cantón Tula, municipio San José Villa Nueva.

Anexo 5. Sitios de muestreo de pozos.



Pozo de José Portillo, comunidad Zamora Rivas, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Pozo de Marcos López comunidad Zamora Rivas, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Cisterna en comunidad Zamora Rivas, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Pozo Industrial en comunidad Casco Urbano, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Pozo El Mango, comunidad San Isidro, cantón Tepeagua, municipio La Libertad.



Pozo de Ricardo Martínez comunidad Agua Escondida No.2, cantón Guadalupe, municipio Zaragoza.

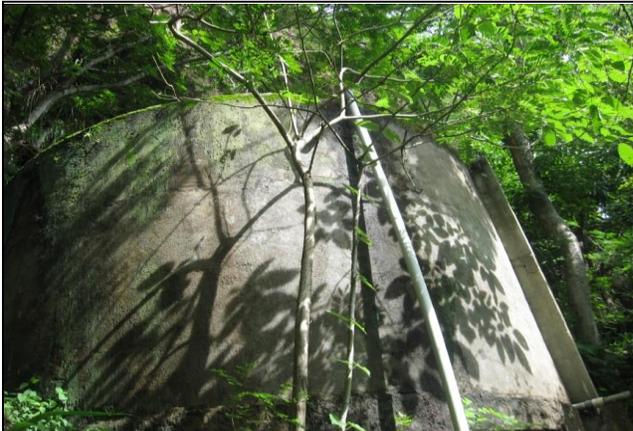


Pozo protegido, comunidad Tepeagua, cantón Tepeagua, municipio La Libertad.



Pozo artesanal comunidad Tepeagua, cantón Tepeagua, municipio La Libertad.

Anexo 6. Sitios de muestreo en sistemas de agua.



Tanque de distribución del sistema Agua Escondida No. 2, cantón Guadalupe, municipio Zaragoza.



Sistema Ticuiciapa, , cantón San Diego, municipio La Libertad.



Sistema Bosque Verde, cantón Tepeagua, municipio La Libertad.



Sistema Gallo Solo, cantón El Cimarrón, municipio La Libertad.



Tanque de distribución Casco Urbano, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Dispositivo de cloración en Casco Urbano, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Tanque de distribución Mirapueblos, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Clorador Tanque Mirapueblos, cantón Nuevo Cuscatlán, municipio Nuevo Cuscatlán.



Toma de muestra comunidad Camino al Mar, cantón El Cimarrón, municipio La Libertad.



Toma de muestra comunidad El Corralito, cantón San Francisco, municipio Zaragoza.



Comunidad Altos de Nuevo Cuscatlán,



Comunidad Altos de Nuevo Cuscatlán (Sistema de cloración no utilizado)



Cantarrera Comunidad El Matazano, cantón El Matazano, municipio San José Villa Nueva.



Cantarrera No 1 comunidad El Progreso 2, cantón El Barillo, municipio Zaragoza.



Comunidad La Fortaleza, cantón, cantón Tula, municipio San José Villa Nueva.



Comunidad El Rastro, cantón San Francisco, municipio Zaragoza.

Anexo 7. Hoja de recolección de datos y calidad del agua.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONOMICAS



**DIAGNOSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LAS CUENCAS EL JUTE Y SAN ANTONIO, LA LIBERTAD, EL SALVADOR**

FICHA DE DATOS EN MUESTREO Y CALIDAD DEL AGUA

Fecha: \_\_\_\_\_ Hora inicio: \_\_\_\_\_ Hora final: \_\_\_\_\_

Muestra No: \_\_\_\_\_

**Parte I. Datos generales**

Municipio: \_\_\_\_\_ cantón: \_\_\_\_\_

Caserío: \_\_\_\_\_

Nombre de la fuente: \_\_\_\_\_

**Parte II. Ubicación de la fuente**

Coordenadas X: \_\_\_\_\_ Y: \_\_\_\_\_ Altitud: \_\_\_\_\_msnm.

**- Datos tipo de fuente**

Tipo de fuente:

- Río  Pozo  Cantarera  
 Manantial  Sistema de abastecimiento  Quebrada

Tiene cobertura vegetal:  si  no

Especifique: \_\_\_\_\_

Si la muestra proviene del río / manantial, comience con la parte III, si proviene de sistema de distribución con la parte IV.

**Parte III. Evaluación ambiental. Río / manantial**

Caudal: \_\_\_\_\_l/seg

Temperatura ambiente: \_\_\_\_\_ Temperatura del agua: \_\_\_\_\_ pH \_\_\_\_\_

Ancho aproximado del sitio de muestreo: \_\_\_\_\_ m.

Profundidad a la que tomo la muestra: \_\_\_\_\_ m.

Tipo de sustrato: 1. Piedras, arena gruesa \_\_\_\_\_ 2. Arena \_\_\_\_\_  
3. Arcilloso, lodoso \_\_\_\_\_ otro: \_\_\_\_\_

Presencia de rocas:  si  no

Tamaño de roca 1. Grande \_\_\_\_\_ 2. Mediana \_\_\_\_\_ 3. Pequeña \_\_\_\_\_

Condiciones de las superficies de las rocas:

Limpias \_\_\_\_\_ con crecimiento de algas \_\_\_\_\_

En el sitio muestreado se observa presencia de:

Hojarasca \_\_\_\_\_ raíces sumergidas \_\_\_\_\_ vegetación dentro del río \_\_\_\_\_

Troncos y ramas sumergidas \_\_\_\_\_ otros: \_\_\_\_\_

Color del agua: \_\_\_\_\_ olor: \_\_\_\_\_

Existen descargas de aguas residuales:  si  no

Especifique: \_\_\_\_\_

Hay cultivos en áreas cercanas: :  si  no

Especifique: \_\_\_\_\_

En las orillas o dentro del río / manantiales, se observa presencias de:

Desechos orgánicos  si  no

Espuma  si  no

Aceites  si  no

Desechos sólidos  si  no

Envases de plaguicidas  si  no



Se le da mantenimiento al sistema: si  no  cada cuanto tiempo: \_\_\_\_\_

Preventivo:  correctivo

Tratamiento químico  si  no

Detalle tratamiento: \_\_\_\_\_ frecuencia: \_\_\_\_\_

Verifican concentración de Cloro libre  si  no

Existen registros  si  no

Captación del agua para el sistema: río  manantial  pozo

Nombre de la fuente de captación: \_\_\_\_\_

En los alrededores existen:

- desechos sólidos
- viviendas
- cobertura vegetal

Otros: \_\_\_\_\_

#### - **Cantarera**

Número de cantareras: \_\_\_\_\_

Estado actual: Bueno  regular  malo

Captación del agua para el sistema: río  manantial  pozo

Nombre de la fuente de captación: \_\_\_\_\_

En los alrededores, existe:

- desechos sólidos

Otros: \_\_\_\_\_

#### - **Pozo**

Fecha en que fue excavado: \_\_\_\_\_ Profundidad del pozo: \_\_\_\_\_m

Se observan perforaciones en la montura o tapa del pozo:  si  no

El pozo está protegido:  si  no

Especifique el material: \_\_\_\_\_ en distancia de: \_\_\_\_\_m

alrededor del pozo.

Tiene rótulo:  si  no

Se encuentra el pozo cerca de algún punto de contaminación como:

- almacenamiento de plaguicidas
- corrales
- fosa séptica

Otros: \_\_\_\_\_

Se realiza análisis de calidad al agua:  si  no

Cada cuanto tiempo: \_\_\_\_\_

El agua recibe tratamiento  si  no Tipo de tratamiento: \_\_\_\_\_

Cada cuanto tiempo: \_\_\_\_\_

Temperatura ambiente: \_\_\_\_\_ Temperatura del agua: \_\_\_\_\_

#### **Parte VI. Evaluación Socio - económica**

Nombre de población beneficiada: \_\_\_\_\_

Cantidad de población beneficiada: \_\_\_\_\_

Consumo diario/ persona: \_\_\_\_\_

Le da algún tratamiento al agua almacenada en su casa: si  no

Qué tipo de tratamiento le da: \_\_\_\_\_

Evaluación del servicio prestado: bueno  regular  malo

Tiempo empleado por las personas hasta la fuente de agua (pozo/ cantarera/ manantial /río):

\_\_\_\_\_

Servicio de agua continuo: si  no

Costo por servicio: si  no  cuota: \$ \_\_\_\_\_

El sistema tiene micromedidor: si  no

Se paga el mantenimiento del sistema: si  no  cuota: \$ \_\_\_\_\_

Se realiza un control del sistema en cuanto a calidad del agua: si  no

Frecuencia: \_\_\_\_\_

Se realiza un control del sistema en cuanto a funcionamiento: si  no

Frecuencia: \_\_\_\_\_

## Anexo 8. Procedimiento de toma de muestras.

### 1) Toma de muestras para DBO

Las muestras para el análisis de DBO pueden degradarse significativamente mientras están almacenadas, entre la toma de muestra y el análisis, y como resultado producir valores de DBO bajos. Hágase mínima la reducción del DBO analizando las muestras inmediatamente o enfriándolas a una temperatura próxima a la de congelación durante su almacenamiento. Sin embargo, aun a baja temperatura reduzca el tiempo de almacenamiento a un mínimo. Si se va a iniciar el análisis en el plazo de dos horas a partir de la toma de la muestra, el almacenamiento en frío es innecesario. Si el análisis no se va a iniciar en dicho plazo, consérvese la muestra a una temperatura por debajo de los 4° C y protegida de la luz. Realizar el análisis en un plazo de 6 – 8 horas a partir de la toma de la muestra; cuando esto no es posible porque el punto de muestreo está retirado del laboratorio, almacénese por debajo de los 4° C e informe la duración y temperatura de almacenamiento junto con los resultados del análisis. En ningún caso se debe realizar el análisis de DBO pasadas 24 horas después de recolectada la muestra. Al momento de realizar el análisis la muestra debe llevarse hasta una temperatura de 20° C.

#### **Procedimiento:**

1. Destapar un frasco limpio (previamente lavado con detergente y enjuagado perfectamente con agua del grifo y posteriormente con agua destilada).
2. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.
3. Enjuagar el frasco por lo menos tres veces con el agua del río.
4. Introducir el frasco con la boca en dirección de la corriente del río (para evitar recolectar exceso de sólidos en suspensión) y sumergirlo aproximadamente 50 cm por debajo de la superficie del agua, de no ser posible, sumergirlo lo más profundo que se pueda evitando que el frasco toque el fondo del río.
5. Llenar completamente el frasco y tapanlo aun cuando el frasco este dentro del agua, para garantizar que no queden burbujas de aire y además evitar el contacto de la muestra tomada con el oxígeno atmosférico.
6. Rotular las muestras con los datos necesarios para su identificación, indicando la hora, fecha y lugar de recolección.

7. Colocar la muestra en una hielera y asegurarse de mantener una temperatura por debajo de los 4° C hasta llegar al laboratorio.

Nota: Se debe evitar la exposición de la muestra al oxígeno atmosférico y evitar que la muestra quede con burbujas de aire, ya que esto alteraría los resultados de DBO. Para evitar esto, se debe utilizar botellas de DBO con capacidad de 300 ml u otro frasco con sello hermético que evite este problema.

8. Anotar observaciones importantes relacionadas con el sitio de muestreo, que puedan provocar alteraciones importantes en la interpretación de los resultados analíticos (APHA et al. 1992).

## **2) Procedimiento general para la toma de muestras**

Para el caso de los parámetros restantes, el procedimiento de toma de muestra es similar que el de DBO, con la variante que aquí la muestra puede quedar con pequeñas burbujas de aire y esto no afectara los resultados analíticos.

La muestra debe preservarse cerca de los 4° C hasta el momento en que se vayan a realizar los diferentes análisis. De preferencia los análisis deben realizarse el mismo día en que se tomó la muestra, de no ser posible no se debe exceder las 24 horas desde el momento en que se tomaron las muestras.

### **Procedimiento:**

1. Destapar un frasco limpio (previamente lavado con detergente y enjuagado perfectamente con agua del grifo y posteriormente con agua destilada).
2. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.
3. Enjuagar el frasco por lo menos tres veces con el agua del río.
4. Introducir el frasco con la boca en dirección de la corriente del río (para evitar recolectar exceso de sólidos en suspensión) y sumergirlo aproximadamente 50 cm por debajo de la superficie del agua, de no ser posible, sumergirlo lo más profundo que se pueda evitando que el frasco toque el fondo del río.
5. Llenar completamente el frasco y tapanlo.

6. Rotular las muestras con los datos necesarios para su identificación, indicando la hora, fecha y lugar de recolección.
7. Colocar la muestra en una hielera y asegurarse de mantener una temperatura por debajo de los 4° C hasta llegar al laboratorio.

Anotar observaciones importantes relacionadas con el sitio de muestreo, que puedan provocar alteraciones importantes en la interpretación de los resultados analíticos

Nota: para el caso del análisis de cambio de Temperatura, pH, estos se realizaran en el lugar de muestreo con equipo de campo (APHA et al. 1992).

### Anexo 9. Cálculo del Índice de Calidad del Agua.

Para calcular el índice de Brown se puede utilizar una suma lineal ponderada de los subíndices (ICAs) o una función ponderada multiplicativa (ICAm). Estas agregaciones se expresan matemáticamente como sigue:

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i) \quad (1)$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}) \quad (2)$$

Donde:

$W_i$ : Pesos relativos asignados a cada parámetro (  $Sub_i$ ), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

$Sub_i$ : Subíndice del parámetro i.

Se ha demostrado que el cálculo de los “ICA” mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir, que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicara en este estudio es la multiplicativa.

Para determinar el valor del “ICA” es necesario sustituir los datos en la ecuación 2, obteniendo los  $Sub_i$  de distintas graficas como se aplicara a continuación, dicho valor se eleva por sus respectivos  $W_i$  del cuadro y se multiplican los 9 resultados obteniendo de esta manera el “ICA”.

Cuadro 29. Pesos para cálculo del ICA.

<b>I</b>	<b>Sub<sub>i</sub></b>	<b>W<sub>i</sub></b>
1	Coliformes fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

Los pasos a seguir para calcular los (  $Sub_i$  ) del Índice de Calidad del Agua son:

### 1) Coliformes Fecales

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 Bact 100 ml el ( $Sub_i$ ) es igual a 3. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 Bact/100 ml, buscar el valor en el eje “X” en la figura 12 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el ( $Sub_i$ ) de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso  $W_i$ .

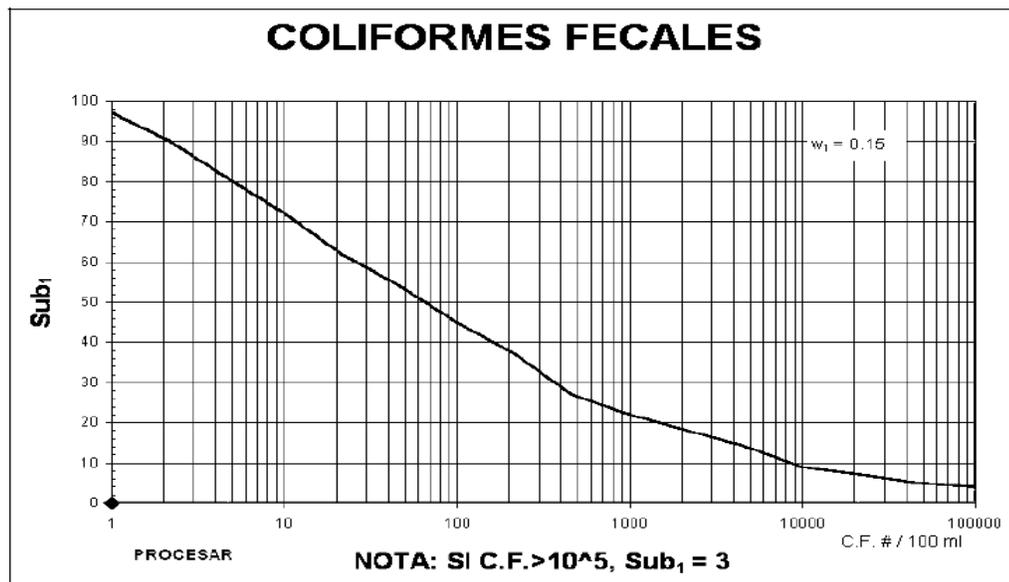


Figura 12. Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes Fecales.

### 2) pH

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades el ( $Sub_2$ ) es igual a 2, si el valor de pH es mayor o igual a 12 unidades el ( $Sub_2$ ) es igual a 3. Si el valor de pH está entre 2 y 12 buscar el valor en el eje “X” en la figura 13 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el ( $Sub_2$ ) de pH y se procede a elevarlo al peso  $W_2$ .

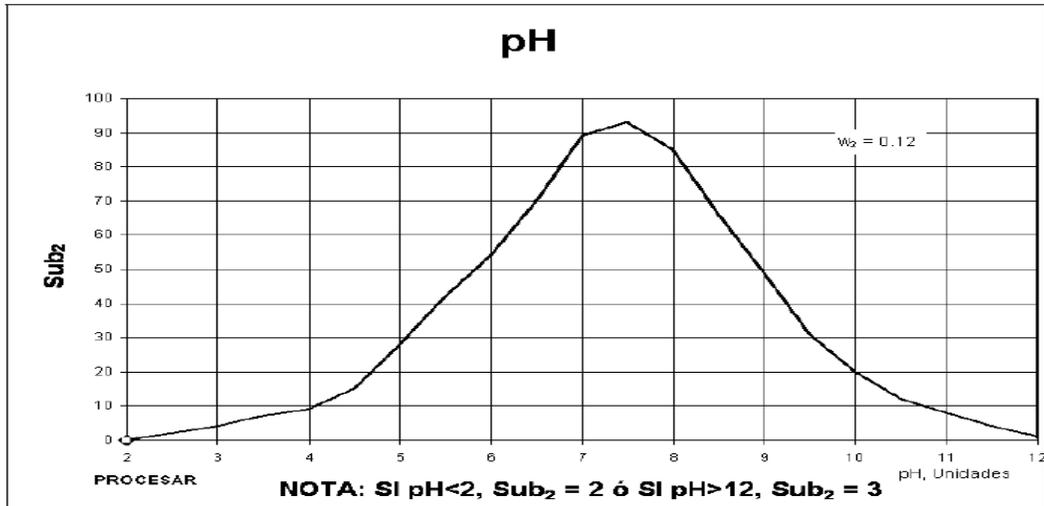


Figura 13. Valoración de la calidad de agua en función del pH.

### 3) Demanda Bioquímica de Oxígeno

Si la DBO<sub>5</sub> es mayor de 30 mg/l, el (Sub<sub>3</sub>) es igual a 2. Si la DBO<sub>5</sub> es menor de 30 mg/l buscar el valor en el eje “X” en la figura 14 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el (Sub<sub>3</sub>) de DBO<sub>5</sub> y se procede a elevarlo al peso W<sub>3</sub>.

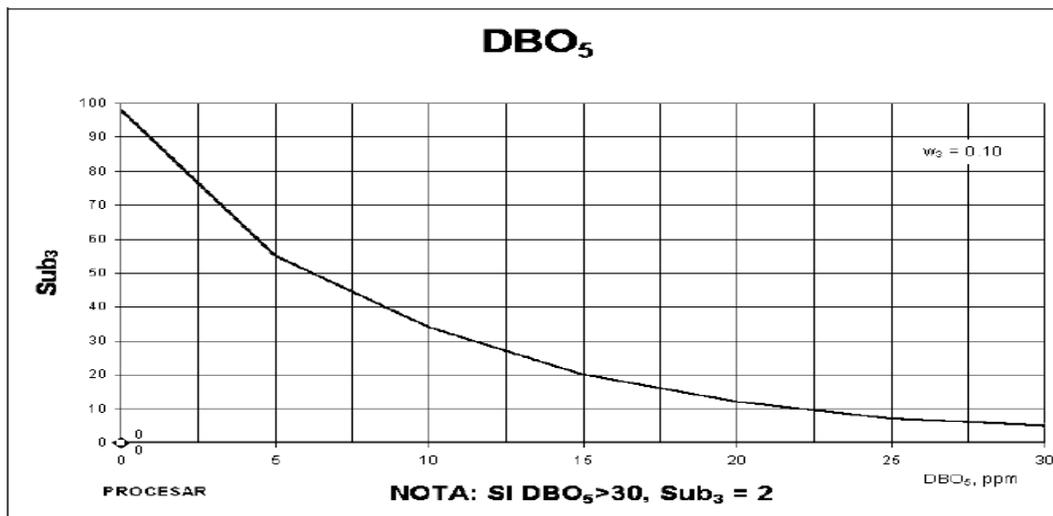


Figura 14. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO.

### 4) Nitratos

Si Nitratos es mayor de 100 mg/l el (Sub<sub>4</sub>) es igual a 1. Si Nitratos es menor de 100 mg/l buscar el valor en el eje “X” en la figura 15 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el (Sub<sub>4</sub>) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso W<sub>4</sub>.

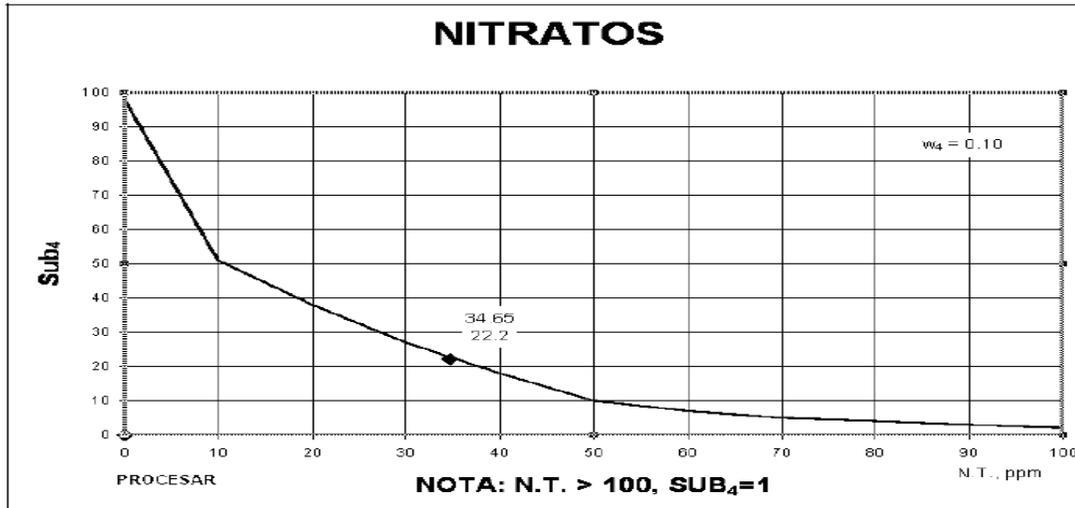


Figura 15. Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno.

### 5) Fosfatos

Si el Fosfato es mayor de 10 mg/l el (Sub<sub>5</sub>) es igual a 1. Si el fosfato es menor de 10 mg/l buscar el valor en el eje “X” en la figura 16 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el (Sub<sub>5</sub>) y se procede a elevarlo al peso W<sub>5</sub>.

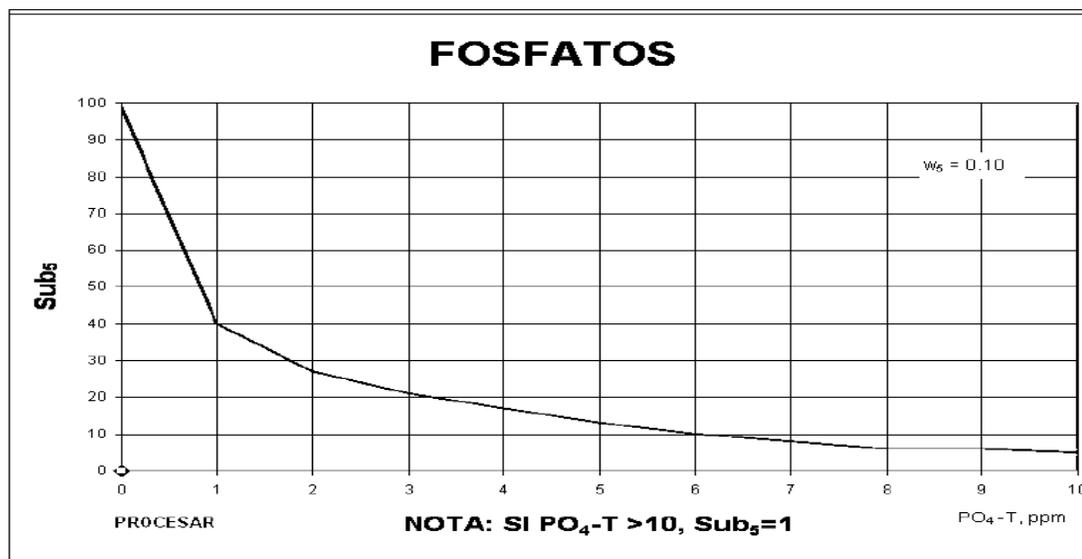


Figura 16. Valoración de la calidad de agua en función del Fósforo.

### 6) Cambio de temperatura

Para el parámetro de Temperatura (Sub<sub>6</sub>) primero hay que calcular la diferencia entre la Temperatura ambiente y la Temperatura muestra y con el valor obtenido proceder. Si el valor de esa diferencia es mayor de 15° C el (Sub<sub>6</sub>) es igual a 9. Si el valor obtenido es menor de 15°

C, buscar el valor en el eje “X” en la figura 17 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el (Sub<sub>6</sub>) de Temperatura y se procede a elevarlo al peso W<sub>6</sub>.

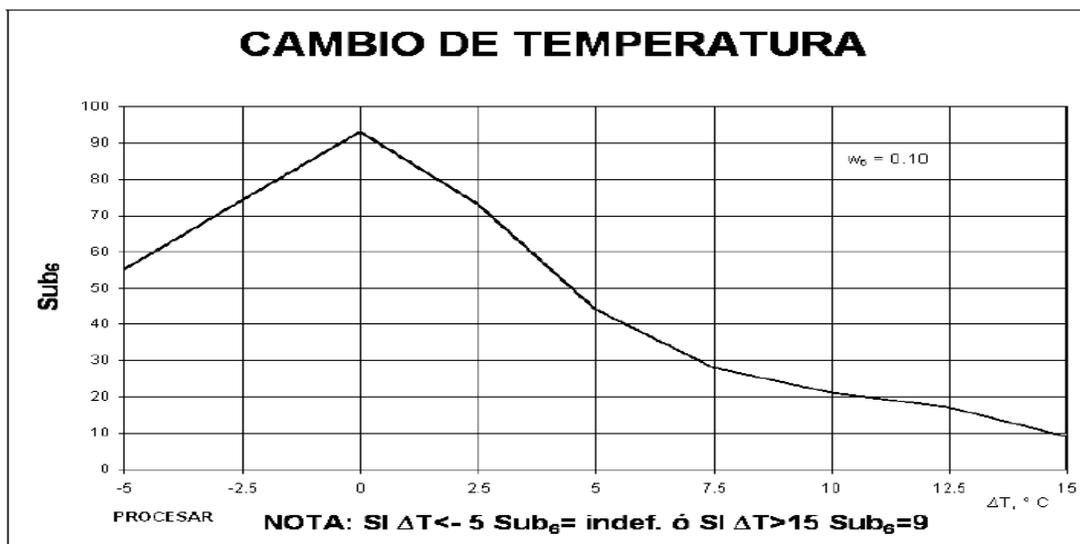


Figura 17. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura.

### 7) Turbidez

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el (Sub<sub>7</sub>) es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje “X” luego interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el (Sub<sub>7</sub>) de Turbidez y se procede a elevarlo al peso W<sub>7</sub>.

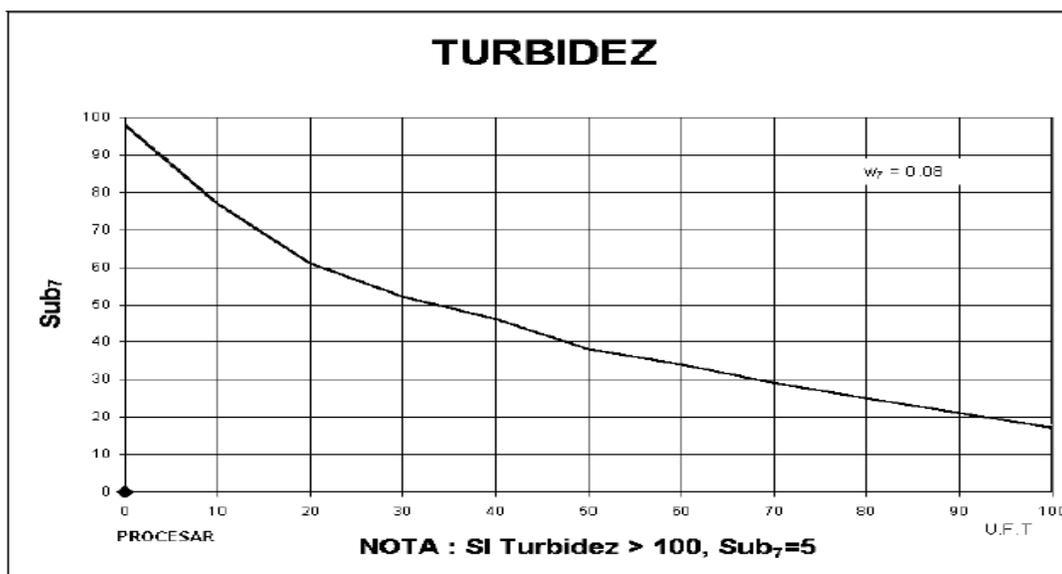


Figura 18. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.

### 8) Sólidos Totales Disueltos

Si los Sólidos Disueltos Totales son mayores de 500 mg/l el ( $Sub_8$ ) es igual a 32, si es menor de 500 mg/l, buscar el valor en el eje “X” en la figura 19 se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el ( $Sub_8$ ) y se procede a elevarlo al peso  $W_8$ .

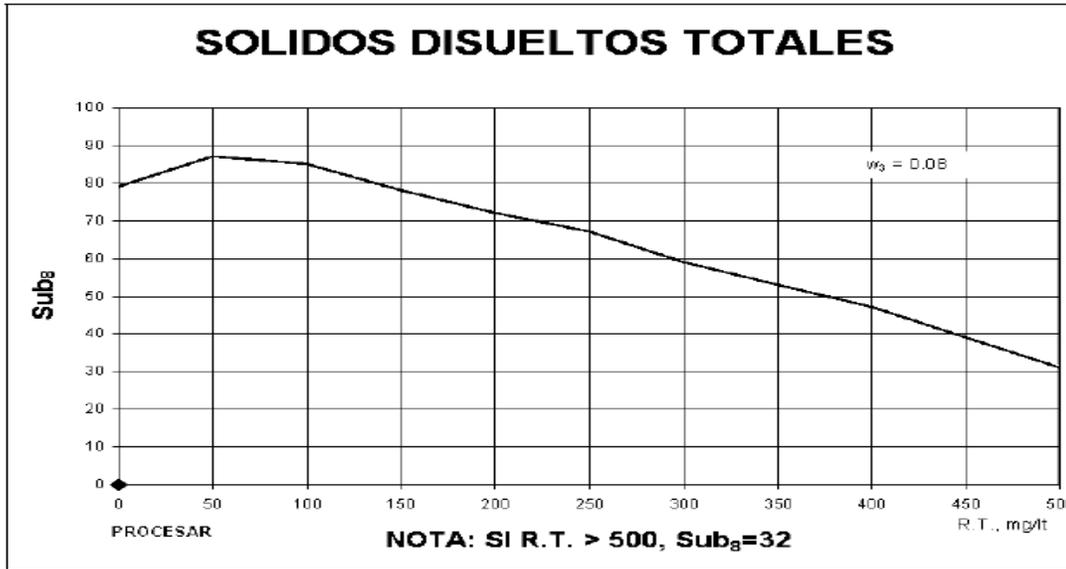


Figura 19. Valoración de la calidad de agua en función de Sólidos Disueltos Totales.

### 9) Oxígeno Disuelto

Si el porcentaje de saturación de OD (Oxígeno Disuelto) es mayor de 140% el ( $Sub_9$ ) es igual a 50. Si el valor obtenido es menor del 140%, buscar el valor en el eje “X” en la figura 20 y se procede a interpolar al valor en el eje de las “Y”. El valor encontrado es el ( $Sub_9$ ) de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo a peso  $W_9$ .

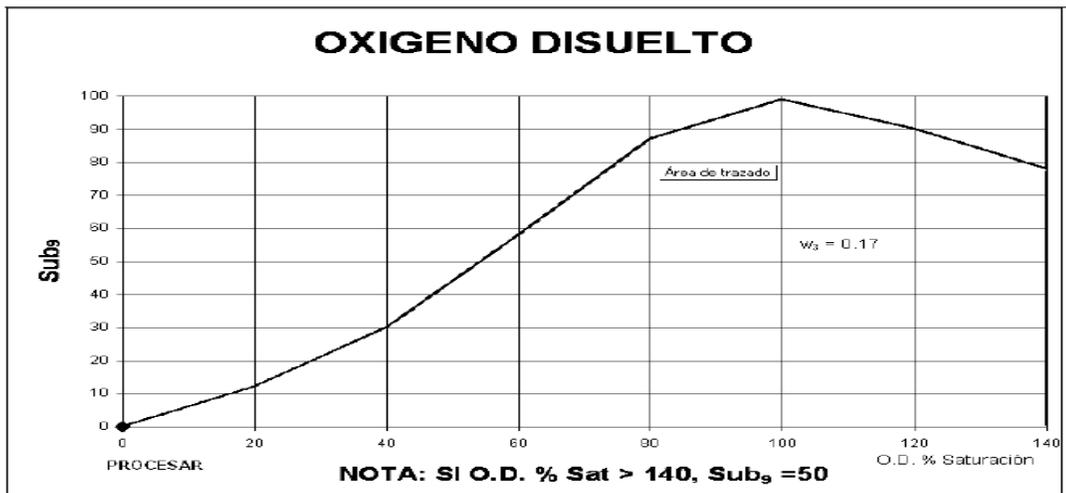


Figura 20. Valoración de Calidad de agua en función del porcentaje de saturación del OD.

## Anexo 10. Determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).

### **Método: Potenciométrico. Equipo: Sonda Multi-parametros sension 156**

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar, un frasco hermético del tamaño especificado para este análisis (frasco DBO de 300 ml), e incubarlo a una temperatura de 20° C ± 1° C durante un periodo de 5 días. El Oxígeno disuelto se mide antes y después del proceso de incubación y el DBO se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el oxígeno disuelto final. Debido a que el Oxígeno disuelto se determina inmediatamente después de hacer la dilución, toda la captación de Oxígeno incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos se incluye en la determinación de la DBO.

La determinación de DBO debe realizarse lo más pronto posible, es decir, que de preferencia este análisis debe realizarse el mismo día en que la muestra es tomada, principalmente en aquellos casos en que la muestra de agua posee una baja cantidad de Oxígeno disuelto y por consiguiente se sospeche que tiene una alta DBO.

### **Procedimiento**

1. Conectar el Electrodo para determinación de Oxígeno Disuelto en el equipo.
2. Encender el equipo y oprimir el botón para colocar en modo de Oxígeno Disuelto.
3. Dejar estabilizar por 30 minutos para lograr que el electrodo se polarice completamente.
4. Calibrar el equipo antes de comenzar a tomar las lecturas de las muestras.
5. Destapar la botella que contiene la muestra previamente ambientada a una temperatura aproximadamente de 20° C e introducir el electrodo asegurándose que el sensor de temperatura quede sumergido completamente.
6. Dejar estabilizar la lectura (aproximadamente 5 minutos) y luego registrar el dato.
7. Tomar la lectura de pH de la muestra y de ser necesario ajustar el pH para que esté en el rango de 6.5 a 7.5, utilizando HCl 1 N o NaOH 1 N según sea necesario.
8. Preparar los frascos para DBO (botellas Winkler de aproximadamente 300 ml) llevando por lo menos un duplicado de cada dilución de la muestra que se vaya a realizar y un blanco de agua de dilución.
9. Medir los mililitros de muestras necesarios para cada dilución y transferirlos a cada botella de DBO. Llevar a volumen con agua de dilución y agitar para homogenización.

10. Repetir este procedimiento para cada una de las diluciones que sean necesarias realizar.
11. Preparar el blanco adicionando a la botella de DBO agua de dilución hasta llevar a volumen. Esto es necesario para asegurar que el agua utilizada en el análisis no esté aportando DBO al análisis.
12. Determinar el Oxígeno Disuelto (OD) de estas diluciones y el blanco utilizando el electrodo para determinación de OD. Anotar esta lectura como OD inicial.
13. Tapar herméticamente los frascos que contienen las muestras, sus respectivas diluciones y el blanco, descartando el exceso de líquido que queda en la boca del frasco.
14. Transferir los frascos a una incubadora con una temperatura de  $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  y dejar en estas condiciones durante 5 días.
15. Trascorridos los 5 días tomar nuevamente el Oxígeno Disuelto a cada una de las diluciones y el blanco. Registrar las lecturas como OD final.
16. La DBO es el resultado de la diferencia entre el Oxígeno Disuelto inicial menos el Oxígeno Disuelto final. Para el caso de las diluciones, esta diferencia irá multiplicada por el respectivo factor de dilución (APHA et al. 1992).

## Anexo 11. Determinación del Oxígeno Disuelto.

### **Método: Potenciométrico. Equipo: Sonda Multi-parametros sension 156**

El elemento sensor, constituido por una célula cerrada por una membrana selectiva conteniendo un electrolito y dos electrodos metálicos se sumergen en el agua a analizar. La membrana es impermeable al agua y a las materias iónicas disueltas, pero permeable al oxígeno.

Debido a la diferencia de potencial entre los electrodos causada por un voltaje externo, el oxígeno que pasa a través de la membrana se reduce en el cátodo produciendo una corriente eléctrica. La corriente así producida es directamente proporcional al índice de transporte de oxígeno a través de la membrana y, por tanto, a la concentración de oxígeno disuelto en el agua.

### **Procedimiento:**

1. Conectar el Electrodo para determinación de Oxígeno Disuelto en el equipo de campo.
2. Encender el equipo y oprimir el botón para colocar en modo de Oxígeno Disuelto.
3. Dejar estabilizar el equipo por 30 minutos para lograr que el electrodo se polarice completamente .
4. Calibrar el equipo antes de comenzar a tomar las lecturas de las muestras.
5. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.
6. Introducir el electrodo directamente en el río asegurándose que quede sumergido hasta el nivel del sensor de temperatura (aproximadamente de 5 – 6 cm bajo la superficie del agua).
7. Dejar que la lectura se estabilice y anotar. En caso de que el flujo del río es fuerte, la lectura puede requerir de una a dos horas para su estabilización.
8. Sacar el electrodo del agua y enjuagar con agua destilada. Secar con papel toalla suavemente (APHA et al. 1992).

## Anexo 12. Determinación de pH.

### **Método Potenciométrico. Equipo: pH-metro de Campo pHTestr 10**

El pH es la medida de la concentración de iones Hidrógeno (potencial de Hidrógeno), da la medida directa del grado de acidez o de alcalinidad de los medios acuosos. El electrodo de vidrio es el electrodo indicador de mayor importancia para la determinación de los iones hidrógeno. Es fácil de usar y está sujeto a pocas interferencias que afectan a otros electrodos para determinar pH. El sistema de electrodos de vidrio/calomelanos es una herramienta muy flexible para determinar pH en condiciones muy distintas. Puede usarse sin interferencias en disoluciones que contengan agentes oxidantes fuertes o reductores fuertes, proteínas y gases, además de permitir medir el pH de líquidos viscosos e incluso en semi-sólidos.

### **Procedimiento**

1. Encienda el pH-metro de campo y deje que se estabilice (aproximadamente entre 1 – 2 minutos).
2. Calibrar el equipo de ser necesario.
3. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.
4. Introducir el electrodo directamente en el río asegurándose que quede sumergido completamente (aproximadamente de 2 – 3 cm bajo la superficie del agua).
5. Dejar que la lectura se estabilice entre 1 a 2 minutos, y anotar.
6. Sacar el electrodo del agua y enjuagar con suficiente agua destilada. Secar con papel toalla suavemente (APHA et al. 1992).

### Anexo 13. Determinación de coliformes fecales.

#### **Método: Tubos de fermentación o NMP**

La determinación de microorganismos Coliformes fecales por el método del Número Más Probable (NMP), se fundamenta en la capacidad de este grupo microbiano de fermentar la lactosa con producción de ácido y gas al incubarlos a 35° C +/- 1° C durante 48 horas, utilizando cultivo Fluorocult ® caldo LMX, el cual está basado en fórmulas de probabilidad y es un estimado de la densidad promedio de bacterias Coliformes.

El método consta de una sola etapa, que consiste en colocar volúmenes determinados de muestras de agua en una serie de tubos conteniendo medio de cultivo Fluorocult ® caldo LMX (Laurel Sulfato-MUG-X-GAL, VWR International Francia) y luego son incubados a 35° C ± 0.5° C durante 24 horas. El caldo Fluorocult ® contiene un cromógeno, 5-bromo-4 cloro- 3 indol- β-D\_ galactopiranosido (X-Gal), el cual es hidrolizado por la enzima β-D\_ glucuronidasa que es producida por las bacterias Coliformes totales, ocasionando un cambio de color en el caldo, de amarillo claro a azul-verde, que indica y confirma una prueba positiva para coliformes totales dentro de 24-48 horas.

El caldo contiene un fluorogéno, 4-metilumberiferil- β-glucoronido (MUG), el cual es hidrolizado por la enzima β-D\_ glucuronidasa que es producida por la bacteria *Escherichia coli* ocasionando una fluorescencia en el caldo bajo la luz ultravioleta de onda larga (336 nm) que indica la presencia de esta bacteria.

Para confirmar la presencia de *E. coli* debe comprobarse la producción de Indol en los tubos que presentan fluorescencia, utilizando reactivo de Kovacs indol (solución de p-dimetilaminobenzaldehido en alcohol Amílico); por medio del desarrollo de un anillo color rosado que indica una reacción positiva.

Este medio de cultivo sirve para la detección simultánea de coliformes totales y *E. coli* en el agua y los alimentos. Es un método más eficaz ya que permite la detección simultánea de coliformes totales y *E. coli* en un solo tubo. Los coliformes se indican con color azul-verde, *E. coli* por fluorescencia azul.

## **Procedimiento:**

### **A. Preparación de diluciones:**

- 1- Identificar el material de acuerdo al código establecido y fecha de análisis.
- 2- Agitar las muestras vigorosamente unas 25 veces antes de ser analizadas, para asegurar una buena homogenización.
- 3- Medir 10 ml de muestra y colocarlos en un frasco conteniendo 90 ml de diluyente, agitar, esta es la dilución  $10^{-1}$ .
- 4- Pipetear 10 ml de la dilución anterior y añadirlos a un frasco de dilución que contiene 90 ml de solución Buffer; agitar, (dilución  $10^{-2}$ ).

### **B. Tratamiento de muestra:**

- 1- Preparar una serie de 5 tubos conteniendo 10 ml de caldo Fluorocult LMX de concentración doble y 2 series de 5 tubos con 10 ml de concentración simple. Colocarlos en una gradilla y codificar los tubos anotando el número asignado a la muestra.
- 2- Inocular 10 ml del agua a analizar (dilución  $10^{-2}$ ) en los 5 tubos con caldo LMX de concentración doble.
- 3- Inocular 1 ml en los 5 tubos con caldo de concentración simple.
- 4- Inocular 0.1 ml en los otros 5 tubos con caldo de concentración simple.
- 5- Incubar los tubos por 24 a 48 horas a  $35^{\circ}$  C. Los tubos positivos (con formación de gas y viraje de color a azul verdoso) indican presencia de coliformes totales.
- 6- De los tubos positivos pasar a Caldo EC.
- 7- Incubar a  $44.5^{\circ}$  C por 24-48 horas, temperatura a la cual desarrollan los coliformes fecales. Observar los tubos con presencia de gas y turbidez, lo cual indica prueba positiva para coliformes fecales.
- 8- Comparar el número de tubos positivos con la tabla del Número Más Probable (NMP) para 15 tubos, obteniendo un dato que indica el grado de contaminación.

**Cálculos:**

$$\text{NMP/100 ml} = \text{NMP según tabla} \times \frac{100}{\text{mayor volumen de muestra inoculado}}$$

Volumen de muestra inoculado referido a la dilución inicial seleccionada para el NMP (APHA et al. 1992).

## Anexo 14. Determinación de temperatura.

### **Cambio de Temperatura**

**Método: Directo. Equipo: Termómetro de vidrio con Mercurio**

#### **Procedimiento**

1. Verificar que el termómetro a utilizar se encuentre en buenas condiciones.
2. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible (de preferencia realizar esta determinación en un lugar donde no haya contacto directo con las radiaciones solares).
3. Introducir el termómetro en el río, asegurándose que el bulbo que contiene el material expandible del termómetro quede sumergido completamente.
4. Mantener sumergido el termómetro hasta que la temperatura sea estable, aproximadamente entre 1 – 2 minutos, y anotar esta temperatura como  $T_1$ .
5. Ubicarse en un lugar donde no lleguen directamente los rayos del sol (bajo un árbol) y mantener el termómetro expuesto al ambiente entre 3- 5 minutos y registrar esta nueva lectura como  $T_2$ .
6. La diferencia entre  $T_2$  y  $T_1$  es el cambio de temperatura del río (este valor puede ser negativo o positivo) (APHA et al. 1992).

## Anexo 15. Determinación de Sólidos Totales Disueltos.

**Método: Potenciométrico.**

**Equipo: Sonda Multi-parámetros sension 156.**

La conductividad se define como la capacidad de una sustancia de conducir la corriente eléctrica y es lo contrario de la resistencia. La unidad de medición utilizada comúnmente es el Siemens/cm (S/cm), con una magnitud de 10 elevado a -6; es decir, microSiemens/cm ( $\mu\text{S/cm}$ ), o en 10 elevado a -3, es decir, miliSiemens (mS/cm).

En el caso de medidas en soluciones acuosas, el valor de la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos disueltos, por tanto, cuanto mayor sea dicha concentración, mayor será la conductividad. La relación entre conductividad y sólidos disueltos se expresa, dependiendo de las aplicaciones, con una buena aproximación por la siguiente regla:

$$\begin{array}{ccc} \text{grados ingleses} & & \text{grados americanos} \\ 1.4 \mu\text{S/cm} = 1\text{ppm} & \text{o} & 2 \mu\text{S/cm} = 1 \text{ ppm (partes por millón de CaCO}_3\text{)} \end{array}$$

Donde 1 ppm = 1 mg/l, es la unidad de medida para sólidos disueltos.

Además de los normales conductivímetros, existen instrumentos que convierten automáticamente el valor de conductividad en ppm, ofreciendo directamente las medidas de la concentración de sólidos disueltos.

### **Procedimiento**

1. Conectar el Electrodo para determinación de Sólidos Totales Disueltos en el equipo de campo.
2. Encender el equipo y oprimir el botón para colocar en modo Sólidos Totales Disueltos.
3. Dejar estabilizar el equipo por 5 minutos.
4. Calibrar el equipo antes de comenzar a tomar las lecturas de las muestras.
5. Colocarse de ser posible al centro del río, o lo más cercano posible.

6. Introducir el electrodo directamente en el río asegurándose que quede sumergido hasta el nivel del sensor de temperatura (aproximadamente de 5 – 6 cm bajo la superficie del agua).
7. Dejar que la lectura se estabilice y anotar.
8. Sacar el electrodo del agua y enjuagar con agua destilada. Secar con papel toalla suavemente (APHA et al. 1992).

## Anexo 16. Determinación de Nitratos.

### **Método: 09713 (Test con reactivos). Equipo: Fotómetro Nova 60**

En solución sulfúrica y fosfórica los iones Nitrato forman 2,6-dimetifenol (DMP) el compuesto 4-nitro-2,6-dimetifenol que se determina fotométricamente. El color de la solución permanece estable 30 minutos después de transcurrido el tiempo de reacción.

El procedimiento es análogo a ISO 7890/1

Cuadro 30. Intervalos de medida para Nitratos.

<b>Intervalos de medida</b>	1,0 – 25,0 mg/l de N de NO <sub>3</sub> (“NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N”)	4,4 – 110,7 mg/l de NO <sub>3</sub>	cubeta de 10 mm
	0,5 – 12,5 mg/l de N de NO <sub>3</sub> (“NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N”)	02,2 – 55,3 mg/l de NO <sub>3</sub>	cubeta de 20 mm
	0,10 – 5,00 mg/l de N de NO <sub>3</sub> (“NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N”)	0,4 – 22,1 mg/l de NO <sub>3</sub>	cubeta de 50 mm

### **Procedimiento**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Mezclar y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Pipetear 4.0 ml del reactivo NO<sub>3</sub>-1 en una cubeta redonda vacía.
4. Añadir 0.50 ml de la muestra filtrada con la pipeta en una cubeta de reacción, no mezclar.
5. Añadir 0.50 ml del reactivo NO<sub>3</sub>-2 con la pipeta, cerrar con la tapa roscada y mezclar. ¡Atención, la cubeta se calienta!
6. Espere un tiempo de reacción de 10 minutos en las muestras analizadas para generar un complejo coloreado completo.
7. Añadir la solución en la cubeta correspondiente.
8. Introducir la celda de selección del método (la cual contiene la curva de calibración del mismo equipo).
9. Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas del equipo y lea cada una de las muestras respectivamente.

**Importante:** Dependiendo de la concentración del analito, así se hace necesaria la utilización de cubetas de 1, 2 y 5 cm; tomando en consideración que para cubetas de 2 y 5 cm el volumen de muestras tomadas como de reactivos deben ser el doble (Nova 60 s. f.).

## Anexo 17. Determinación de Fosfatos.

### **Método: 14848 (Test con reactivos). Equipo: Fotómetro Nova 60**

En solución sulfúrica los iones ortofosfatos forman con los iones molibdato, ácido molibdofosforico. Este último, con ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno (PMB) que se determina fotométricamente. El color de la solución permanece estable 60 minutos después de transcurrido el tiempo de reacción.

El procedimiento es análogo EPA 365.2+3, US Estándar Methods 4500-PE, ISO 6978/1 y EN1189.

Cuadro 31. Intervalo de medida para fosfatos.

0,05 – 5,00 mg/l de P de PO <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> P)	0.2 – 15.3 mg/l de PO <sub>4</sub>	0.11 – 11.46 mg/l de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	cubeta de 10 mm
0,03 – 2,50 mg/l de P de PO <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> P)	0.09 – 7.67 mg/l de PO <sub>4</sub>	0.07 – 5.73 mg/l de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	cubeta de 20 mm
0,010 – 1,000 mg/l de P de PO <sub>4</sub> (PO <sub>4</sub> <sup>-</sup> P)	0.03 – 3.07 mg/l de PO <sub>4</sub>	0.02 – 2.29 mg/l de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	cubeta de 50 mm

### **Procedimiento:**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Homogenizar la muestra y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Comprobar el valor del pH de la muestra, intervalo previsto: pH 0 –10.
4. En caso necesario, corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o respectivamente de ácido sulfúrico.
5. Pipetear 5,0 ml de la muestra en un tubo de ensayo.
6. Añadir 5 gotas del reactivo PO4-1 y mezclar.
7. Añadir 1 micro cuchara del reactivo PO4-2.
8. Agitar intensamente el tubo para disolver la sustancia sólida.
9. Espere un tiempo de reacción de 5 minutos en las muestras analizadas para generar un complejo coloreado completo.
10. Después de transcurridos 5 minutos añadir la solución en la cubeta correspondiente.

11. Introducir la celda de selección del método (la cual contiene la curva de calibración del mismo equipo).
12. Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas del equipo y lea cada una de las muestras respectivamente.

**Importante:** Dependiendo de la concentración del analito así se hace necesaria la utilización de cubetas de 1, 2 y 5 cm; tomando en consideración que para cubetas de 2 y 5 cm el volumen de muestras tomadas como de reactivos deben ser el doble (Nova 60 s. f.).

## Anexo 18. Determinación de Turbidez

**Método: (077) análogamente a EN ISO 7027. Equipo: Fotómetro Nova 60**

Cuadro 32. Intervalo de medida para turbidez.

1 – 100 FAU	550 nm	cubeta de 50 mm
-------------	--------	-----------------

### **Procedimiento:**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Mezclar suavemente para evitar la formación de microburbujas que puedan interferir en el análisis.
3. Ambientar la celda o cubeta con la muestra que se analizará y descartar esta primera muestra, luego introducir la muestra en la cubeta de 50 mm.
4. Colocar la cubeta en el compartimiento para cubetas y elegir método 077. Leer las muestras (Nova 60 s. f.).

## Anexo 19. Determinación de Aluminio en agua.

### **Método: 14825 (Test con reactivos ref. Merck 1.14825.0001)**

En solución débilmente ácida amortiguada con acetato, los iones aluminio forman con cromazurol S un complejo violeta azulado que se determina fotométricamente. El procedimiento es análogo a ISO 10566 E30.

### **Procedimiento:**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Mezclar y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Comprobar el valor del pH de la muestra, intervalo previsto: pH 3 –10.
4. En caso necesario, corregir el valor del pH añadiendo gota a gota solución diluida de hidróxido sódico o respectivamente de ácido sulfúrico.
5. Pipetear 5,0 ml de la muestra en un tubo de ensayo.
6. Añadir 1 microcuchara de Al-1 al tubo de ensayo y disolver la sustancia sólida.
7. Añadir 1.2 ml de Al-2 al tubo de ensayo y mezclar.
8. Añadir 0.25 ml de Al-3 al tubo de ensayo y mezclar.
9. Espere un tiempo de reacción de 2 minutos en las muestras analizadas para generar un complejo coloreado completo.
10. Después de transcurridos los 2 minutos la muestra está lista para realizar la medición.

### **Medición:**

1. Encender el equipo fotométrico Nova 60 e introducir el Auto-Selector que corresponde al método para la determinación de aluminio en agua.
2. Transferir la muestra previamente preparada a una cubeta rectangular dependiendo del rango de concentración en el que se encuentre de la siguiente manera:
  - Cubeta de 50 mm: si el intervalo de concentración es de 0.02 – 2.00 ppm de Al.
  - Cubeta de 20 mm: si el intervalo de concentración es de 0.05 – 6.00 ppm de Al.
  - Cubeta de 10 mm: si el intervalo de concentración es de 0.10 – 1.20 ppm de Al.
3. Limpiar la cubeta con papel toalla e introducirla en el fotómetro.

4. Anotar el valor de concentración directamente, si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
5. El resultado esta expresado en mg/l de aluminio (Nova 60 s. f.).

## Anexo 20. Determinación de Arsénico en agua.

### **Método colorimétrico Merck ref. 1.17927.0001. Equipo: Fotómetro Nova 60**

Por adición de cinc en polvo, de un ácido sólido y -para eliminación de iones sulfuro interferentes- de un oxidante a los compuestos de arsénico III y arsénico V se libera hidruro de arsénico, que con bromuro de mercurio II contenido en la zona de reacción de la tira de ensayo forma halogenuros pardo amarillos mixtos de arsénico y mercurio. La concentración de arsénico III y arsénico V se determina semicuantitativamente por comparación visual de la zona de reacción de la tira de ensayo con las zonas de una escala colorimétrica.

### **Tratamiento de la Muestra**

Las muestras con más de 0,50 mg/l de As deben diluirse con agua destilada.

### **Procedimiento:**

1. Transferir la muestra preparada al frasco de reacción y llevar el volumen hasta la marca indicada en el frasco (60 ml)
2. Adicionar dos gotas del reactivo As-1 y agitar suavemente.
3. Adicionar 1 cucharada del reactivo As-2 y agitar ligeramente hasta que todo el reactivo se haya disuelto completamente.
4. Adicionar 1 cucharada del reactivo As-3 y tapar inmediatamente el frasco de reacción.
5. Desplegar hacia arriba el fijador de tiras integrado en la tapa roscada de manera que el punto blanco señale hacia el usuario. Introducir inmediatamente en la abertura la tira de ensayo con la zona de reacción delante hasta la marca y plegar de nuevo el fijador de tiras totalmente hacia abajo.
6. Dejar en reposo 20 minutos, agitando ligeramente dos o tres veces en forma circular, evitando el contacto entre la tira de ensayo y la solución.

### **Medición**

1. Transcurrido los 20 minutos sacar la tira, sumergirla brevemente en agua destilada, sacudirla para eliminar el exceso de líquido.

2. Comparar el color de la zona de reacción de la tira de la mejor manera posible de acuerdo con la escala de colores y anotar el correspondiente valor de medición en mg/l de As.
3. Si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
4. Si la coloración obtenida es superior al rango de medición (de 0.005 a 0.5 mg/l de As), repetir el procedimiento con nuevas diluciones (Nova 60 s. f.).

## Anexo 21. Determinación de Cadmio en agua.

### **Método: 01745 (Test con reactivos ref. Merck 1.01745.0001)**

En solución alcalina los iones cadmio forman derivado de cadion (cadion = nombre usual de 1-(4-nitrofenil)-3-(4-fenilazofenil)triazeno), un complejo rojo que se determina colorimétricamente.

### **Preparación de la muestra**

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En otro caso conservar con ácido nítrico al 65% (1 ml de ácido nítrico para 1 l de solución de la muestra).
- El cadmio no disuelto o unido en forma de complejo puede determinarse después de la preparación de la muestra con uno de los Crack Sets Spectroquant®.
- Las muestras con más de 0,50 mg/l de Cd deben diluirse con agua destilada antes de la disgregación.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 3 - 11. Si es necesario ajustar con solución de hidróxido sódico o con ácido sulfúrico.
- Filtrar las muestras turbias.

### **Procedimiento**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Homogenizar la muestra y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Pipetear 1 ml de reactivo Cd-1 en un tubo de ensayo.
4. Añadir con pipeta 10 ml de muestra y mezclar.
5. Añadir con pipeta 0.20 ml de reactivo Cd-2 y mezclar
6. Añadir 1 microcuchara de reactivo Cd-3 y agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
7. Dejar en reposo por 2 minutos y la muestra está lista para realizar la medición.

**Medición:**

1. Encender el equipo fotométrico Nova 60 e introducir el Auto-Selector que corresponde al método para la determinación de cadmio en agua.
2. Transferir la muestra previamente preparada a una cubeta rectangular dependiendo del rango de concentración en el que se encuentre de la siguiente manera:
  - Cubeta de 50 mm: si el intervalo de concentración es de 0.002 – 0.10 ppm de Cd
  - Cubeta de 20 mm: si el intervalo de concentración es de 0.005 – 0.25 ppm de Cd
  - Cubeta de 10 mm: si el intervalo de concentración es de 0.010 – 0.50 ppm de Cd
3. Limpiar la cubeta con papel toalla e introducirla en el fotómetro
4. Anotar el valor de concentración directamente, si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
5. El resultado esta expresado en mg/l de cadmio (Nova 60 s. f.).

## Anexo 22. Determinación de Cobre en agua.

### **Método: 14767 (Test con reactivos ref. Merck 1.14767.0001)**

En medio amoniacal los iones cobre II forman con cuprizona un complejo azul que se determina colorimétricamente.

### **Preparación de la muestra**

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En otro caso conservar con ácido nítrico al 65% (1 ml de ácido nítrico para 1 l de solución de la muestra).
- El cobre no disuelto o unido en forma de complejo puede determinarse después de la preparación de la muestra con uno de los Crack Sets Spectroquant®.
- Para determinar los iones cobre (I) tratar la muestra con unas gotas de Perhydrol® y mezclar.
- Comprobar el contenido de cobre con el test Cobre Merckoquant®. Las muestras con más de 6,00 mg/l de Cu deben diluirse con agua destilada antes de la disgregación.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 4 - 10.

Si es necesario, ajustar con solución de hidróxido sódico o con ácido sulfúrico

### **Procedimiento:**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Homogenizar la muestra y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Pipetear 5.0 ml de muestra en un tubo de ensayo.
4. Añadir 1 cucharada de reactivo Cu-1 y agitar vigorosamente hasta que el reactivo se haya disuelto completamente.
5. Añadir 5 gotas de reactivo Cu-2 y mezclar.
6. Dejar en reposo 5 minutos (tiempo de reacción), la muestra está lista para la medición.

### **Medición:**

1. Encender el equipo fotométrico Nova 60 e introducir el Auto-Selector que corresponde al método para la determinación de cobre en agua.

2. Transferir la muestra previamente preparada a una cubeta rectangular dependiendo del rango de concentración en el que se encuentre de la siguiente manera:
  - Cubeta de 50 mm: si el intervalo de concentración es de 0.02 – 1.20 ppm de Cu
  - Cubeta de 20 mm: si el intervalo de concentración es de 0.05 – 3.00 ppm de Cu
  - Cubeta de 10 mm: si el intervalo de concentración es de 0.10 – 6.0 ppm de Cu
3. Limpiar la cubeta con papel toalla e introducirla en el fotómetro.
4. Anotar el valor de concentración directamente, si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
5. El resultado esta expresado en mg/l de cobre (Nova 60 s. f.).

### Anexo 23. Determinación de Hierro en agua por espectrofotometría de absorción atómica.

La muestra es atomizada mediante un nebulizador y posteriormente se quema en una llama de aire-acetileno. Se hace pasar un haz de luz utilizando una lámpara de cátodo hueco para Fe que proporciona una longitud de onda de 248.3 nm. La cantidad de energía absorbida por la muestra está relacionada directamente con la concentración de hierro en la misma.

#### **Tratamiento de la Muestra**

El tratamiento es necesario en el caso de que la muestra contenga una sustancia orgánica o que la muestra contenga el elemento a valorar como un coloide o complejo metálico aún si luce clara. Se lleva a cabo ya sea por la adición de varios ácidos para la descomposición de la muestra por calentamiento o calcinación por calentamiento.

#### **Digestión con ácido clorhídrico o ácido nítrico**

Cuando la muestra presenta una cantidad de sustancias orgánicas muy pequeña o en suspensión, se adiciona 5 ml de ácido nítrico o ácido clorhídrico por cada 100 ml de muestra. Se calienta y se ebulle durante 10 minutos.

#### **Procedimiento:**

1. Utilizar la muestra tratada directamente para la medición o diluir la muestra tratada con ácido clorhídrico (1 + 50), de tal manera que su concentración este dentro del intervalo de cuantificación.
2. Llevar un blanco de reactivos utilizando agua destilada en igual cantidad que la muestra y llevar a cabo el mismo procedimiento. El valor obtenido del blanco será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.
3. Para la curva de calibración preparar estándares de 0.3, 2.0 y 6.0 ppm de Fe partiendo de la solución estándar de Fe (20  $\mu\text{g}$  de Fe / ml), utilizando frascos volumétricos de 100 ml, luego adicionar ácido clorhídrico de manera de obtener similares condiciones como en la muestra. Llevar a volumen con agua.

**Medición:**

1. Encender el equipo en introducir los parámetros necesarios para la determinación de hierro:
  - Longitud de onda: 248,3 nm
  - Estándares a utilizar: 0.3, 2.0 y 6.0 ppm de Fe
  - Corriente de lámpara: 10 mA
  - Slit: 0.2 nm
  - Modo de corrección; BGC-D2
  - Número de repeticiones por cada lectura.
2. Dejar que el equipo se estabilice durante 15 minutos.
3. Aspirar el blanco preparado, este se utilizara para corregir cualquier interferencia producida por los reactivos.
4. Aspirar los estándares en el equipo para realizarla curva de calibración.
5. Aspirar la muestra.
6. Anotar la lectura de la muestra obtenida directamente del equipo; si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
7. Corregir el resultado con el blanco si es necesario.
8. Aspirar agua destilada para limpiar el equipo y apagar.
9. El resultado esta expresado en mg/l de hierro (Shimadzu s. f.).

## Anexo 24. Determinación de Manganeso.

### **Método 14770 (Test con reactivos ref. Merck 1.14770.0001/ 1.14770.0002)**

En medio alcalina los iones manganeso II forman con una oxina un complejo pardo rojizo que se determina colorimétricamente.

#### **Preparación de la muestra**

- Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En otro caso conservar con ácido nítrico al 65% (1 ml de ácido nítrico para 1 l de solución de la muestra).
- Comprobar el contenido de manganeso con el test Manganeso Merckoquant®. Las muestras con más de 1,000 mg/l de Mn deben diluirse con agua destilada.
- El valor del pH debe encontrarse en el intervalo 2 - 7. Si es necesario, ajustar con solución de hidróxido sódico o con ácido sulfúrico.
- Filtrar las muestras turbias.

#### **Procedimiento:**

1. Sacar la muestra del refrigerador y llevarla a temperatura ambiente.
2. Homogenizar la muestra y posteriormente filtrar la muestra con papel filtro Whatman 42, con el objeto de eliminar los sólidos suspendidos que puedan interferir con el análisis.
3. Pipetear 5 ml de muestra en un tubo de ensayo.
4. Añadir 4 gotas de reactivo Mn-1 y mezclar.
5. Añadir 2 gotas de reactivo Mn-2 y mezclar, dejar en reposo 2 minutos (tiempo de reacción A).
6. Añadir 2 gotas de reactivo Mn-3 y mezclar, dejar en reposo 2 minutos (tiempo de reacción B).
7. La muestra está lista para realizar la medición.

#### **Medición**

1. Encender el equipo fotométrico Nova 60 e introducir el Auto-Selector que corresponde al método para la determinación de manganeso en agua.

2. Transferir la muestra previamente preparada a una cubeta rectangular dependiendo del rango de concentración en el que se encuentre de la siguiente manera:
  - Cubeta de 50 mm: si el intervalo de concentración es de 0.01 – 2.00 ppm de Mn.
  - Cubeta de 20 mm: si el intervalo de concentración es de 0.25 – 5.00 ppm de Mn.
  - Cubeta de 10 mm: si el intervalo de concentración es de 0.50 – 10.00 ppm de Mn.
3. Limpiar la cubeta con papel toalla e introducirla en el fotómetro.
4. Anotar el valor de concentración directamente, si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
5. El resultado esta expresado en mg/l de manganeso (Nova 60 s. f.).

## Anexo 25. Determinación de Plomo en agua

### **Método: 09717 (Test con reactivos ref. Merck 1.09717.0001)**

En solución alcalina los iones plomo (II) forman con 4-(2-piridilazo)-resorcina (PAR) un complejo rojo que se determina fotométricamente.

### **Tratamiento de la Muestra**

Analizar las muestras inmediatamente después de la toma de muestras. En otro caso conservar con ácido nítrico al 65 % (1 ml de ácido nítrico para 1 l de solución de la muestra).

Las muestras con más de 5,00 mg/l de Pb deben diluirse con agua destilada antes de la disgregación y el valor del pH debe encontrarse en el intervalo 3 - 6. Si es necesario, ajustar con solución diluida de amoníaco o con ácido nítrico.

Filtrar las muestras que estén turbias utilizando Whatman 42.

### **Procedimiento**

1. Asegurarse que la muestra tratada se encuentre en un rango de temperatura de 10 a 40° C.
2. Pipetear 0.5 ml del reactivo Pb-1 en un tubo de ensayo con tapón con rosca.
3. Pipetear 0.5 ml del reactivo Pb-2 en el mismo tubo, y agitar.
4. Adicionar 8.0 ml de la muestra al tubo que contiene la mezcla de reactivos, tapar el tubo y agitar.
5. La muestra está lista para realizar la medición.

### **Medición:**

1. Encender el equipo fotométrico Nova 60 e introducir el Auto-Selector que corresponde al método para la determinación de plomo en agua.
2. Transferir la muestra previamente preparada a una cubeta rectangular dependiendo del rango de concentración en el que se encuentre de la siguiente manera:
  - Cubeta de 50 mm: si el intervalo de concentración es de 0.01 – 1.00 ppm de Pb.
  - Cubeta de 20 mm: si el intervalo de concentración es de 0.05 – 2.5 ppm de Pb.
  - Cubeta de 10 mm: si el intervalo de concentración es de 0.10 – 5.0 ppm de Pb.
3. Limpiar la cubeta con papel toalla e introducirla en el fotómetro.

4. Anotar el valor de concentración directamente, si se realizó alguna dilución de la muestra, multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
5. El resultado esta expresado en mg/l de plomo (Nova 60 s. f.).

Anexo 26. Determinación de Zinc en agua por espectrofotometría de absorción atómica.

La muestra es atomizada mediante un nebulizador y posteriormente se quema en una llama de aire-acetileno. Se hace pasar un haz de luz utilizando una lámpara de cátodo hueco para Zn que proporciona una longitud de onda de 213.9 nm. La cantidad de energía absorbida por la muestra está relacionada directamente con la concentración de zinc en la misma.

### **Tratamiento de la Muestra**

El tratamiento es necesario en el caso de que la muestra contenga una sustancia orgánica o que la muestra contenga el elemento a valorar como un coloide o complejo metálico aún si luce clara. Se lleva a cabo ya sea por la adición de varios ácidos para la descomposición de la muestra por calentamiento o calcinación por calentamiento.

### **Digestión con ácido clorhídrico o ácido nítrico**

Cuando la muestra presenta una cantidad de sustancias orgánicas muy pequeña o en suspensión, se adiciona 5 ml de ácido nítrico o ácido clorhídrico por cada 100 ml de muestra. Se calienta y se ebulle durante 10 minutos.

### **Procedimiento**

1. Utilizar la muestra tratada directamente para la medición, o diluir la muestra tratada con ácido clorhídrico (1 + 50), de tal manera que su concentración este dentro del intervalo de cuantificación.
2. Llevar un blanco de reactivos utilizando agua destilada en igual cantidad que la muestra y llevar a cabo el mismo procedimiento. El valor obtenido del blanco será utilizado para la corrección del valor obtenido en la medición de la muestra.
3. Para la curva de calibración preparar estándares de 0.05, 0.10, 0.50 y 1.0 ppm de Zn partiendo de la solución estándar de Zn (20 µg de Zn / ml), utilizando frascos volumétricos de 100 ml, luego adicionar ácido clorhídrico de manera de obtener similares condiciones como en la muestra. Llevar a volumen con agua.

**Medición:**

1. Encender el equipo e introducir los parámetros necesarios para la determinación de Zinc:
  - Longitud de onda: 213.9 nm
  - Estándares a utilizar: 0.05, 0.10, 0.50 y 1.0 ppm de Zn
  - Corriente de lámpara: 8.0 mA
  - Slit: 0.2 nm
  - Modo de corrección; BGC-D2
  - Número de repeticiones por cada lectura.
2. Dejar que el equipo se estabilice durante 15 minutos.
3. Aspirar el blanco preparado, este se utilizara para corregir cualquier interferencia producida por los reactivos.
4. Aspirar los estándares en el equipo para realizar la curva de calibración.
5. Aspirar la muestra.
6. Anotar la lectura de la muestra obtenida directamente del equipo; si se realizó alguna dilución de la muestra multiplicar por el factor de dilución para obtener el resultado.
7. Corregir el resultado con el blanco si es necesario.
8. Aspirar agua destilada para limpiar el equipo y apagar.
9. El resultado esta expresado en mg/l de Zinc (Shimadzu s. f.).

Anexo 27. Informe de análisis



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



INFORME DE RESULTADOS

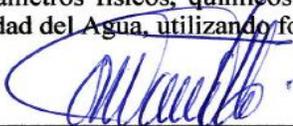
<b>No de Referencia:</b> 05140301 – RANTON	
<b>Nombre del cliente:</b> ACUA	
<b>Identificación de muestra:</b> Agua de río San Antonio	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> Río San Antonio, comunidad Santa María, cantón Las Dispensas, Municipio San José Villa Nueva.	
<b>Fecha de muestreo:</b> 26/02/2014	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 26/02/2014
<b>Fecha de análisis :</b> 26 /02-/06/03/2014	<b>Fecha de elaboración de informe:</b> 26/05/2014

Determinación	Resultado	Unidades	Decreto 51	Método de análisis
pH *	8.30		6.5 – 9.2	Potenciométrico
Temperatura ambiente*	28.00	°C		Termómetro de mercurio
Temperatura del agua*	24.00	°C		Termómetro de mercurio
Turbidez*	52.00	FAU	10.00 – 250.00	Colorimétrico
Sólidos totales disueltos*	141.70	mg/l	300 - 600	Potenciométrico
Nitratos *	15.00	mg/l	≤ 45.00	Colorimétrico
Fosfatos*	4.00	mg/l		Colorimétrico
Oxígeno Disuelto*	3.79	mg/l	4.0 – 6.5	Potenciométrico
Oxígeno Disuelto*	48.10	% de saturación		Potenciométrico
DBO <sub>5</sub> *	5.85	mg/l	3.00 – 4.00	Potenciométrico
Coliformes fecales*	≥ 1,600.00	NMP/100ml	≤ 1,000.00	Tubos múltiples
Cobre	0.07	mg/l	0.10 – 1.00	Colorimétrico
Zinc	< 0.10	mg/l	≤ 5.00	Espectrofotometría de absorción atómica

**Observaciones:**

Valor del Índice de Calidad del Agua (ICA) es 39.28 clasifica como agua de Calidad Mala, lo cual la restringe para contacto humano y limita el desarrollo de la vida acuática. Según Decreto 51, el agua cruda del río San Antonio en este punto no cumple requerimientos de calidad para ser sometida a tratamiento de potabilización utilizando métodos convencionales como filtración, sedimentación, desinfección por cloración o ebullición.

\*parámetros físicos, químicos y microbiológicos utilizados para determinar el Índice de Calidad del Agua, utilizando formula multiplicativa

  
Ing. Oscar Carrillo Turcios  
Jefe del departamento de Química Agrícola



  
Lic. Lorena de Torres  
Analista



INFORME DE RESULTADOS

<b>No de Referencia:</b> 05110205 – R03	
<b>Nombre del cliente:</b> ACUA	
<b>Identificación de muestra:</b> Agua de quebrada Cristo Negro.	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> Quebrada Cristo Negro, comunidad Ayagualo, cantón Ayagualo, Municipio Santa Tecla.	
<b>Fecha de muestreo:</b> 12/03/2014	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 12/03/2014
<b>Fecha de análisis :</b> 12 - 22/03/2014	<b>Fecha de elaboración de informe:</b> 12/05/2014

Determinación	Resultado	Unidades	Límite máximo permisible NSO 13.49.01:09	Método de análisis
DQO <sup>1)</sup>	537.0	mg/l	150.00	Fotométrico
DBO <sub>5</sub>	80.0	mg/l	60.00	Potenciométrico
Sólidos sedimentables	0.50	mg/l	1.00	Gravimétrico
Sólidos suspendidos totales	321.00	mg/l	60.00	Gravimétrico
Aluminio	0.30	mg/l	5.00	Colorimétrico
Arsénico	< 0.005	mg/l	0.10	Colorimétrico
Zinc	0.1473	mg/l	5.00	Espectrofotometría de absorción atómica
Cobre	0.15	mg/l	1.00	Colorimétrico
Hierro total	0.5583	mg/l	10.00	Espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	1.10	mg/l	2.00	Colorimétrico
Plomo	0.30	mg/l	0.40	Colorimétrico
Coliformes fecales <sup>2)</sup>	≥ 1,600.00	NMP/ 100 ml	2,000.00	Tubos múltiples
Coliformes totales <sup>2)</sup>	≥ 1,600.00	NMP/ 100 ml	10,000.00	Tubos múltiples
pH	8.60		5.5 – 9.0	Potenciométrico
Turbidez	190.00	UNT	5.00	Colorimétrico
Temperatura	24.00	°C	20.00 – 35.00	Termómetro de mercurio
Sulfatos	86.43	mg/l	1,000.00	Gravimétrico

**Observaciones:**

Según NSO 13.49.01:09 (aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor) el agua de la quebrada Cristo Negro no cumple requerimientos de calidad en parámetros de DQO, sólidos suspendidos totales y turbidez.

<sup>1)</sup> análisis realizado en laboratorio fisicoquímico de aguas facultad de Química y Farmacia

<sup>2)</sup> Análisis realizado por el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico, departamento de Protección Vegetal. UES.

Ing. Oscar Carrillo Turcios  
Jefe del departamento de Química Agrícola



Lic. Lorena de Torres  
Analista



INFORME DE RESULTADOS

<b>No de Referencia:</b> 05220304 – FU04	
<b>Nombre del cliente:</b> ACUA	
<b>Identificación de muestra:</b> Agua de manantial El Tanque	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> Manantial El Tanque, comunidad La Borja, cantón San Francisco Municipio Zaragoza.	
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 26/06/2013	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 26/06/2013
<b>Fecha de análisis :</b> 26/06 - 11/07/2013	<b>Fecha de elaboración de informe:</b> 20/12/2013

Determinación	Resultado	Unidades	Límite máximo permisible NSO13.07.01:08	Método de análisis
Coliformes fecales <sup>1)</sup>	4.00	NMP/ 100 ml	< 1.1	Tubos múltiples
Coliformes totales <sup>1)</sup>	8.00	NMP/ 100 ml	< 1.1	Tubos múltiples
Bacterias heterótrofas <sup>1)</sup>	600.00	UFC/ml	100	Placa vertida
pH	6.80		8.50	Potenciométrico
Sólidos totales disueltos	360.00	mg/l	1,000	Potenciométrico
Turbidez	< 1.00	UNT	5.00	Colorimétrico
Temperatura	27.00	°C	No rechazable	Termómetro de mercurio
Dureza total como (CaCO <sub>3</sub> )	230.16	mg/l	500.00	Volumétrico, EDTA
Aluminio	0.050	mg/l	0.20	Colorimétrico
Cobre	< 0.05	mg/l	1.30	Colorimétrico
Sodio	46.80	mg/l	200.00	Espectrofotometría de llama
Sulfatos	74.08	mg/l	400.00	Gravimétrico
Zinc	< 0.10	mg/l	5.00	Espectrofotometría de absorción atómica
Hierro total	< 0.20	mg/l	0.30 <sup>2)</sup>	Espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	0.10	mg/l	0.10 <sup>2)</sup>	Colorimétrico
Arsénico	< 0.005	mg/l	0,010	Colorimétrico
Nitrato	33.20	mg/l	45.00	Colorimétrico
Plomo	< 0.010	mg/l	0.010	Colorimétrico

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros realizados a la muestra de agua, los que no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08 son: coliformes fecales, coliformes totales y bacterias heterótrofas.

**Recomendaciones:** Las personas que hacen uso del agua de esta fuente para consumo humano deben de utilizar un método de desinfección casero (lejía o puriagua) para eliminación de carga bacteriológica y dar cumplimiento a la normativa de agua potable.

Almacenar el agua desinfectada en recipientes que estén limpios, cubiertos adecuadamente y ubicarlos en un lugar donde no se contaminen.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



1) Análisis realizado por el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico, departamento de Protección Vegetal, Universidad de El Salvador.

2) Cuando los valores de hierro y manganeso sobrepasan el límite máximo permisible y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables 2.0 mg/l para el hierro y 0.5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar problemas estéticos de color, turbidez y sabor.

Ing. Oscar Carrillo Turcios  
Jefe del departamento de Química Agrícola



Lic. Lorena de Torres  
Analista



INFORME DE RESULTADOS

<b>No de Referencia:</b> 05090907 – FU28	
<b>Nombre del cliente:</b> ACUA	
<b>Identificación de muestra:</b> Agua de Manantial las Pilas	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> Manantial Las Pilas, comunidad El Sálamo, cantón Tepeagua, Municipio La Libertad.	
<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 21/08/2013	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 21/08/2013
<b>Fecha de análisis :</b> 21/08 - 05/09/2013	<b>Fecha de elaboración de informe:</b> 20/01/2014

Determinación	Resultado	Unidades	Límite máximo permisible NSO13.07.01:08	Método de análisis
Coliformes fecales <sup>1)</sup>	80.00	NMP/100 ml	< 1.1	Tubos múltiples
Coliformes totales <sup>1)</sup>	80.00	NMP/100 ml	< 1.1	Tubos múltiples
Bacterias heterótrofas <sup>1)</sup>	1,000.00	UFC/ml	100	Placa vertida
pH	6.80		8.50	Potenciométrico
Sólidos totales disueltos	65.60	mg/l	1,000	Potenciométrico
Turbidez	1.00	UNT	5.00	Colorimétrico
Temperatura	29.00	°C	No rechazable	Termómetro de mercurio
Dureza total como (CaCO <sub>3</sub> )	31.17	mg/l	500.00	Volumétrico, EDTA
Aluminio	< 0.02	mg/l	0.20	Colorimétrico
Cobre	< 0.05	mg/l	1.30	Colorimétrico
Sodio	14.80	mg/l	200.00	Espectrofotometría de llama
Sulfatos	8.23	mg/l	400.00	Gravimétrico
Zinc	< 0.10	mg/l	5.00	Espectrofotometría de absorción atómica
Hierro total	< 0.20	mg/l	0.30 <sup>2)</sup>	Espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	0.138	mg/l	0.10 <sup>2)</sup>	Colorimétrico
Arsénico	0.00	mg/l	0,010	Colorimétrico
Nitrato	7.30	mg/l	45.00	Colorimétrico
Plomo	< 0.010	mg/l	0.010	Colorimétrico

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros realizados a la muestra de agua, los que no cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08 son: coliformes fecales, coliformes totales, bacterias heterótrofas y manganeso.

**Recomendaciones:** Las personas que hacen uso del agua de esta fuente para consumo humano deben de utilizar un método de desinfección casero (lejía o puriagua) para eliminación de carga bacteriológica y dar cumplimiento a la normativa de agua potable.

Almacenar el agua desinfectada en recipientes que estén limpios, cubiertos adecuadamente y ubicarlos en un lugar donde no se contaminen.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



<sup>1</sup>) Análisis realizado por el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico, departamento de Protección Vegetal, Universidad de El Salvador.

<sup>2</sup>) Cuando los valores de hierro y manganeso sobrepasan el límite máximo permisible y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables 2.0 mg/l para el hierro y 0.5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar problemas estéticos de color, turbidez y sabor.

Ing. Oscar Carrillo Turcios  
Jefe del departamento de Química Agrícola



Lic. Lorena de Torres  
Analista



INFORME DE RESULTADOS

<b>No de Referencia:</b> 05090301 – FU19	
<b>Nombre del cliente:</b> ACUA	
<b>Identificación de muestra:</b> Agua de tanque de Sistema ASCOBAPCO	
<b>Lugar de toma de muestra:</b> Tanque de distribución ASCOBAPCO, comunidad Coplanar, cantón El Cimarrón, Municipio La Libertad.	
<b>Fecha de muestreo:</b> 24/07/2013	<b>Fecha de recepción de muestra:</b> 24/07/2013
<b>Fecha de análisis :</b> 24- 31/07/2013	<b>Fecha de elaboración de informe:</b> 20/01/2014

Determinación	Resultado	Unidades	Límite máximo permisible NSO13.07.01:08	Método de análisis
Coliformes totales <sup>1)</sup>	0.00	NMP/100 ml	< 1.1	Tubos múltiples
Bacterias heterótrofas <sup>1)</sup>	2.00	UFC/ml	100	Placa vertida
pH	7.20		8.50	Potenciométrico
Sólidos totales disueltos	139.40	mg/l	1,000	Potenciométrico
Turbidez	< 1.00	UNT	5.00	Colorimétrico
Temperatura	30.00	°C	No rechazable	Termómetro de mercurio
Cloro residual libre	1.00	mg/l	1.10 <sup>2)</sup>	Colorimétrico
Dureza total como (CaCO <sub>3</sub> )	95.90	mg/l	500.00	Volumétrico, EDTA
Aluminio	0.050	mg/l	0.20	Colorimétrico
Cobre	0.060	mg/l	1.30	Colorimétrico
Sodio	24.40	mg/l	200.00	Espectrofotometría de llama
Sulfatos	20.20	mg/l	400.00	Gravimétrico
Zinc	0.363	mg/l	5.00	Espectrofotometría de absorción atómica
Hierro total	< 0.20	mg/l	0.30 <sup>3)</sup>	Espectrofotometría de absorción atómica
Manganeso	0.10	mg/l	0.10 <sup>3)</sup>	Colorimétrico
Arsénico	0.00	mg/l	0.010	Colorimétrico
Cadmio	< 0.002	mg/l	0.003	Colorimétrico
Nitrato	11.40	mg/l	45.00	Colorimétrico
Plomo	< 0.010	mg/l	0.010	Colorimétrico

**Observaciones:** De acuerdo a los parámetros realizados a la muestra de agua, todos cumplen con la Norma Salvadoreña Obligatoria para agua potable NSO 13.07.01:08

**Recomendación:** Aunque el agua sea de buena calidad se recomienda seguir con el tratamiento de cloración con el propósito de prevenir la contaminación en la red de distribución y reducir las posibilidades de contaminación en los reservorios intra domiciliarios.

<sup>1)</sup>Análisis realizado por el Laboratorio de Investigación y Diagnóstico, departamento de Protección Vegetal, Universidad de El Salvador.



UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA AGRÍCOLA



<sup>2)</sup>Mínimo 0.30 mg/l para condiciones en las que no hayan brotes de enfermedades por consumo de agua contaminada.

<sup>3)</sup>Cuando los valores de hierro y manganeso sobrepasan el límite máximo permisible y no sobrepasen los valores máximos sanitariamente aceptables 2.0 mg/l para el hierro y 0.5 mg/l para el manganeso, se permitirá el uso de quelantes para evitar problemas estéticos de color, turbidez y sabor.

Ing. Oscar Carrillo Turcios  
Jefe del departamento de Química Agrícola



Lic. Lorena de Torres  
Analista

Anexo 28. Capacitación a comunidades de las cuencas El Jute y San Antonio.



Muestreo de aguas con comunidades de Zaragoza.



Muestreo de agua con comunidades de Zaragoza.



Determinación de Cloro Residual en sistema de agua de Zaragoza.



Explicación del Índice de Calidad del Agua (ICA).



Determinación de Oxígeno Disuelto en río San Antonio.



Determinación de Cloro Residual en el sistema de agua de Nuevo Cuscatlán.

Anexo 29. Cobertura y acceso al agua potable.  
Cuadro 33. Población abastecida por manantiales.

Nombre de la fuente	Comunidad beneficiada	Número de familias
Manantial El Cedro	San Ernesto	17
Manantial El Tanque	Villas de Zaragoza	127
Manantial La Pila	Santa María	8
Manantial El Tanque	La Borja	29
Cantarera de manantial El Tanque	Complejo habitacional San José No. 1 y 2	260
Manantial La Zona Verde	Camino al Mar y Brisas	25
Manantial Muyuapa	El Porvenir	11
Manantial Las Pilas	El Sálamo	30
Manantial El Guarumo	El Progreso y San Cristóbal	90

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 34. Población abastecida por pozos.

Nombre de la fuente	Comunidad beneficiada	Número de familias
Pozo El Mango	San Isidro	35
Pozo Protegido No. 2	Tepeagua	30
Pozo Comunal artesanal	Tepeagua	30
Pozo de Ricardo Martínez	Agua Escondida No. 2	35
Pozo de José Alberto Portillo	Zamora Rivas	1
Pozo de Marcos López	Zamora Rivas	1

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 35. Población abastecida por sistemas de agua comunitarios.

Nombre del sistema de abastecimiento de agua	Comunidad beneficiada	Número de familias
Agua Escondida No. 1	Agua Escondida No. 1	38
Agua Escondida No. 2	Agua Escondida No. 2	85
Camino al Mar	Camino al Mar	83
ASCOBAPCO	La Pozada, El Coplanar, Altos de Brisas, Brisas I, Brisas 2, Palmares y Montaña del Mar	217
El Triunfo	El Triunfo	37
Bosque Verde	Bosque Verde, lotificación La Esperanza	20
Gallo Solo	Gallo Solo	38
Ticuiciapa	Ticuiciapa	38
Asuchio	San Sebastián Asuchío	378

Fuente: Elaboración propia.

Cuadro 36. Población abastecida por sistemas municipales de Nuevo Cuscatlán.

Comunidad	Horas de abastecimiento de agua	Cuota (\$)	Familias beneficiadas
Esperanza 1	2 horas/día	3.50	36
7 de Marzo	1 hora/día	4.00	236
Casco Urbano	2 horas/día	3.60	282
Pajarito 1	1 hora/día	3.50	24
Pajarito 2	1 hora/día	3.50	25
Altos de Nuevo Cuscatlán	1 hora/día	4.00	118
El Milagro	1 hora/día	4.00	15
<b>Comunidades abastecidas por medio de cantareras y pipas</b>			
Monseñor Romero	2 horas/día	Gratuita	105
Cuartería	2 horas/día	Gratuita	29
Zamora Rivas	3 horas/día	Gratuita	78
Polideportivo	4 horas/día	Gratuita	51
San Antonio	1 vez por semana*	Gratuita	80
Comunidad Álvaro Rodríguez	2 horas/día	Gratuita	35

Fuente: Elaboración propia.

\*agua suministrada a través de pipas.

Cuadro 37. Población abastecida por ANDA.

Cantón	Comunidad beneficiada	Horas de servicio	Cuota (dólares)	Número de familias
El Barillo	Loma Linda <sup>1)</sup>	Irregular	\$0.25	118
	El Progreso 2 <sup>2)</sup>	Irregular	\$1.00 cantarera y \$4.00 servicio domiciliar	28
Guadalupe	San Francisco El Jote	Todos los días por la mañana o tarde	\$14.00	54
San Francisco	El Corralito <sup>1)</sup>	Todos los días por la mañana o tarde	\$1.50	195
	El Rastro <sup>2)</sup>	Continuo	----	30
	El Zaito 2	4 horas <sup>3)</sup>	\$2.29	259
Tula	La Fortaleza	continuo	No pagan	43
El Matazano	El Matazano <sup>1)</sup>		\$1.0 y \$4.0	90

Fuente: Elaboración propia.

<sup>1)</sup>Cantarera    <sup>2)</sup>Cantarera y servicio domiciliar    <sup>3)</sup> Frecuencia de abastecimiento cada 15 días.

Cuadro 38. Otras comunidades abastecidas por ANDA.

Cantón	Comunidad beneficiada	Número de familias
Tula	Complejo San José 1 y 2 <sup>1)</sup>	275
El Barillo	Transito 1	92
	Transito 2	29
	Las Brumas 1	40
	Las Brumas 2 <sup>2)</sup>	98
	San Cristóbal	15
Guadalupe	Agua Escondida 1 y 2	25
San Francisco	Villas de Zaragoza <sup>1)</sup>	127
	Quinta Miramar	42
	Corinto 2	93
	El Zaité 1	28
	Colonia Miramar	196
	Corinto 2	92
	El Corralito	195
	La Fuente 1 y 2	195
	Colonia San Antonio 2	30
	La Maldonado	53
	Colonia Los Cedros	200
	Pjes. El pepeto y El Mango	28
	San Paulino <sup>2)</sup>	250

<sup>1)</sup> agua suministrada por medio de cantarera y servicio domiciliar.

<sup>2)</sup> agua suministrada por medio de cantarera.