

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA



“ESTUDIO DE CALIDAD DEL AGUA DEL RIO JALPONGA
DEPARTAMENTO DE
LA PAZ , EL SALVADOR”

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:

BR. GERARDO ANTONIO FUENTES ANAYA
BR. MARCOS JOSHUA MARIÑO LOZANO

ASESOR: _____

DR. RIGOBERTO AYALA

PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DEL 2007

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTORA

Dra. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL

Licda. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FISCAL GENERAL

Lic. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

DECANO DE LA FACULTAD

Msc. JOSÉ HECTOR ELÍAS DÍAZ

DIRECTOR DE LA ESCUELA

Msc. ANA MARTA ZETINO CALDERÓN

CIUDAD UNIVERSITARIA, SEPTIEMBRE DE 2007.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO:

Por fortaleza, salud y las herramientas necesarias para concluir este trabajo.

A NUESTROS PADRES:

Por su paciencia, ayuda y colaboración para ejecutar este trabajo.

AL ASESOR:

Dr. Rigoberto Ayala, por todas sus enseñanzas a lo largo de nuestra carrera y por brindarnos sus conocimientos para alcanzar nuestras metas.

AL LIC. GUILLÉN PAREDES:

Por su valiosa ayuda en nuestro trabajo de campo.

A LA PROFESORA:

Osiris Elizabeth Tejada por toda la ayuda técnica brindada.

A LOS BACHILLERES:

Rubén Sorto, Sebastián Campos Machado, Wilfredo Pineda; por su valiosa ayuda a lo largo de todo el trabajo, ya que sin su colaboración este proyecto no se hubiera llevado a cabo.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR:

Por la formación académica de alta calidad.

AL JURADO:

Lic. Carlos Augusto Salazar y Lic. José Juan Rivera.

DEDICATORIA

- **A DIOS TODOPODEROSO**

- **A MIS PADRES**

Dinora Ruth Lozano de Mariño

Cesar León Mariño Sánchez

- **A MI FAMILIA**

March, Osiris, Margarita, Wilfredo, David, Rodrigo, Ernesto

- **A MIS AMIGOS**

Dr. Rigoberto Ayala, Sebastián Campos, Rubén Sorto, Dr. Enrique Barraza, Claudia Cornejo, Ana Karla Castillo, Delmy Lissette Palacios.

MARCOS JOSHUA MARIÑO LOZANO

DEDICATORIA

- **A MIS PADRES**

Carlos Ernesto Fuentes Moreno

Maria Ana Arévalo de Fuentes

GERARDO ANTONIO FUENTES ANAYA

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CONTENIDOS	Página
ÍNDICE DE TABLAS	i
ÍNDICE DE CUADROS	ii
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE ANEXOS	iv
RESUMEN	v
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. Agua	3
2.1.1. Aguas Superficiales	3
2.3. Parámetros Físico-Químicos del Agua	3
2.3.1. Dureza del Agua	4
2.3.3. Temperatura	5
2.3.2. Velocidad	5
2.4. Contaminación de los recursos hídricos	5
2.5. Fuentes contaminantes inorgánicas y orgánicas	7
2.5.1. Contaminación agrícola	7
2.5.2. Contaminación de origen doméstico	8
2.5.3. Contaminación de origen industrial	8
2.6. El agua como vehículo de enfermedades	9
2.6.1. Riesgos Biológicos y sus consecuencias	10
2.7. Autodepuración de las aguas superficiales	11
2.8. Bacterias	11
2.8.1. Bacterias coliformes	12
2.8.2. Características bioquímicas	12
2.8.3. Habitat del grupo coliformes	13
2.8.4. Coliformes Totales	13
2.8.5. Los coliformes como indicadores	13
2.8.6. Cultivo de Bacterias	14
2.8.7. Método del Número más Probable	15

2.9.	Macroinvertebrados	16
2.9.1.	Clasificación de los macroinvertebrados	16
2.9.2.	Macroinvertebrados como indicadores	16
2.9.3.	Tolerancia de Macroinvertebrados	17
2.9.4.	Evaluación Biológica de la calidad del agua	17
2.10.	Normas de calidad de aguas residuales	18
III.	OBJETIVOS	21
IV.	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS	22
V.	METODOLOGÍA	23
5.1.	Ubicación del área de estudio	23
5.2.	Sitios de muestreo	23
5.3.	Fase de campo	25
5.3.1.	Procesamiento de muestras de agua	26
5.4.	Fase de laboratorio	27
5.4.1.	Análisis de coliformes presentes en el agua	28
5.4.2.	Identificación de macroinvertebrados	29
5.5.	Análisis matemático	29
VI.	RESULTADOS	31
6.1.	Resultados del punto referencial “Cloaca”	31
6.2.	Distancia aproximada de los sitios de muestreo al punto “Cloaca”	32
6.3.	Características organolépticas e indicadores de perturbación antropogénica	33
6.4.	Parámetros físico-químicos	34
6.5.	Coliformes totales	36
6.6.	Calidad biológica	39
6.7.	Índices de calidad	47
6.8.	Análisis de correlación	48
VII.	DISCUSIÓN	50
VIII.	CONCLUSIONES	64
IX.	RECOMENDACIONES	66
X.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS		72

ÍNDICE DE TABLAS

		Página
Tabla 1.	Clasificación de la dureza del agua	4
Tabla 2.	Distancia promedio de los sitios de muestreo en relación a la fuente contaminante principal.	32
Tabla 3	Características organolépticas e indicadores de perturbación en cada sitio de muestreo	33
Tabla. 4.	Total de familias encontradas, valor asignado de tolerancia y total de individuos capturados durante el período de Febrero-Abril 2007.	39
Tabla 5.	Proceso bioindicado para cada punto de muestreo con respecto a los ordenes taxonómicos encontrándose en todos los sitios de muestreo durante el período de Febrero-Abril 2007.	46

ÍNDICE DE CUADROS

		Página
Cuadro 1.	Promedios de las revisiones realizadas en el punto cloaca durante el período Marzo-Abril 2007.	31
Cuadro 2.	Promedio de los parámetros físico químicos obtenidos para los puntos de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.	34
Cuadro 3.	Promedio de los parámetros físico-químicos obtenidos para los puntos referenciales en el período de Marzo y Abril 2007.	35
Cuadro 4.	Niveles de coliformes totales (NMP/100ml) de cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.	36
Cuadro 5.	Estadísticos de tendencia central aplicados a los niveles de coliformes totales (NMP/100ml) de cada punto de muestreo en el período de febrero hasta abril	36
Cuadro 6.	Estadísticos de tendencia central aplicados a los niveles de Coliformes totales (NMP/100ml) en los puntos referenciales en el período de Marzo y Abril 2007.	37
Cuadro 7.	Distribución de las familias por puntos de muestreo, Febrero 2007.	41
Cuadro 8.	Distribución de las familias por puntos de muestreo, Marzo 2007.	41
Cuadro 9.	Distribución de las familias por puntos de muestreo, Abril 2007.	42
Cuadro 10.	Totales de tolerancia por las familias de macro invertebrados, según Tercedor J. & Prat N. (1992) encontradas para cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007	43
Cuadro 11	Estadísticos de tendencia central, aplicados a los totales de tolerancia para cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007	43
Cuadro 12	Estadísticos de tendencia central, aplicados a los totales de tolerancia en los puntos referenciales en el período marzo-abril 2007.	44
Cuadro 13	Coefficiente de correlación r entre los promedios de tolerancia de macroinvertebrados y los niveles de contaminación bacteriana (NMP/100ml.)	48

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Fig. 1. Promedios de los valores de coliformes totales (NMP/100ml) reportados para los puntos de muestreo durante el período Febrero-Abril 2007.	37
Fig. 2. Promedios de los valores de coliformes totales (NMP/100ml) reportados para los puntos referenciales durante el período marzo-abril 2007.	38
Fig. 3. Porcentaje por familias del total de individuos encontrados durante los tres meses de muestreo en todos los sitios de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.	40
Fig. 4. Promedios de los totales de tolerancia obtenidos en los puntos de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.	44
Fig. 5. Promedios de los totales de tolerancia obtenidos en los puntos referenciales en el período de Febrero-Abril 2007.	45
Fig. 6. Niveles de coliformes totales comparados con la norma salvadoreña de calidad de agua residuales descargadas a un cuerpo receptor.	47
Fig. 7. Totales de tolerancia para los puntos de muestreo ubicados en su respectiva categoría de calidad biológica.	47
Fig. 8. Curva que mejor se ajusta al coeficiente de correlación entre los valores de contaminación fecal (NMP/100ml) y los valores de Tolerancia obtenidos en el período de Febrero-Abril 2007	49

INDICE DE ANEXOS

		Página
Anexo 1.	Ubicación geográfica del Área de Estudio, Río Jalponga, Departamento de La Paz, 2007. Fuente: SIG, Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.	1
Anexo 2.	Ubicación del Centroides en el punto F01 Jalpon “Puente Jalponga” Departamento de La Paz 2007.	2
Anexo 3.	Ubicación del Centroides en el punto F02 Jalpon “Caserío Concepción Jalponga” Departamento de La Paz 2007.	2
Anexo 4.	Ubicación del Centroides en el punto F03 Jalpon “Caserío Santa Rita” Departamento de La Paz 2007.	3
Anexo 5.	Ubicación del Centroides en el punto F04 Jalpon Hacienda “Hoja de Sal” Departamento de La Paz 2007.	3
Anexo 6.	Ubicación del Centroides en el punto PR1 “Borda de Escuintla” Departamento de La Paz 2007.	4
Anexo 7.	Ubicación del Centroides en el punto PR2 “Apanta” Departamento de La Paz 2007.	4
Anexo 8.	Ubicación del Centroides en el punto PR3 “Cloaca” Departamento de La Paz 2007.	5
Anexo 9.	Prueba de Dureza del agua del Río Jalponga departamento de La Paz 2007.	6
Anexo 10.	Colecta de muestras de agua para aplicación del índice NMP. Jalponga departamento de La Paz 2007.	7
Anexo 11.	Esquema de red manual para colecta de macroinvertebrados.	7
Anexo 12.	Colecta de macroinvertebrados realizada para determinar la calidad del agua del río Jalponga Departamento de La Paz 2007.	8
Anexo 13.	Gradilla con tubos de fermentación agrupados en orden al volumen inoculado.	8
Anexo 14	Tabla del NMP de tres tubos de fermentación, para análisis de agua.	9
Anexo 15.	Puntajes asignados en el Índice BMWP para las familias de macroinvertebrados identificados en Costa Rica.	10
Anexo 16.	Clases de calidad significación de los valores del B.M.W.P y colores a utilizar en representaciones cartográficas	11
Anexo 17.	Ubicación geográfica del punto Cloaca en comparación a la cuenca del río Jalponga Departamento de La Paz 2007. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales	11
Anexo 18.	Norma salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor CONACYT , ICS 13,060,1996.	12
Anexo 19	Norma Salvadoreña obligatoria NSO 13.07.01.04 de Agua Potable Febrero-2006.	13

RESUMEN

Los recursos hídricos figuran entre los factores que determinan el grado de desarrollo económico y social de un país. El alto nivel de contaminación del agua en El Salvador, proviene de casas particulares, industria y de actividades agrícolas. La problemática de la contaminación del recurso agua en nuestro país se ha intensificado en relación al incremento de los tipos de contaminación al que están expuestos los recursos. De esta situación surge la necesidad de aplicar nuevas técnicas para el monitoreo de la calidad de agua, permitiendo de esta forma establecer parámetros de control más exactos y proponer soluciones más eficientes. En la presente investigación se analizó la parte media de la cuenca del Río Jalponga desde el punto de vista microbiológico basándose en bacterias coliformes y de calidad biológica basándose en Macroinvertebrados como indicadores de contaminación. El estudio se llevó a cabo en los meses de Febrero, Marzo y Abril del año 2007, realizando un muestreo por mes. Se estudiaron siete sitios de muestreo situados a lo largo del recorrido seleccionado del Río Jalponga. Se siguieron algunos criterios de el plan maestro de recursos hídricos (PLADMAR), como lo fué identificar para cada sitio de muestreo un centroide, que es el punto donde la mezcla de agua de esa zona es más homogénea y partiendo de este, diez metros río arriba y diez metros río abajo se ubicaron los sub-puntos. Para cada sitio de muestreo se determinaron los parámetros físico-químicos de: Dureza, temperatura y velocidad; estos fueron determinados con propósitos de analizar la cuenca desde un punto de vista más estructural. Para determinar la concentración de coliformes totales se utilizó la técnica de los Tubos Múltiples de Fermentación por el método del Número más Probable NMP, el cual reveló que las mayores concentraciones de coliformes totales, se encontraban en las zonas cercanas al sitio denominado “Cloaca”, el cual es la poza de sedimentación que recibe las descargas de origen doméstico de Santiago Nonualco. Para determinar la calidad biológica, se ocupó el índice Biological Monitoring Working Party B.M.W.P., el cual reveló que el río Jalponga no sólo es afectado por los efectos de contaminación antropogénica si no que su bajo nivel de calidad biológica puede estar relacionado a una contaminación residual o de origen natural. Se determinó que las comunidades

de invertebrados presentan una relación inversamente proporcional a los niveles de coliformes totales presentes en el agua. En base a los resultados se determina que el río Jalponga es un ecosistema que presenta una contaminación generalizada y para que pueda ser utilizable para fines recreativos y agrícolas, es necesario aplicar sistemas de tratamiento de aguas servidas.

ABSTRACT

The water resources appear between the factors that determine the grade of economic and social development of a country. The high level of contamination of the water in El Salvador, comes from single-family dwellings, manages and of agricultural activities. The problems of the contamination of the resource waters down in our country has been intensified in relation to the increase of the contamination types which the resources are exhibited. Of here there arises the need to apply new technical for the monitoring of the water quality, allowing thus to establish more exact parameters of control and to propose more efficient solutions. In the present investigation there was analyzed the middle portion of the basin of the River Jalponga from the microbiological point of view being based on bacteria coliforms and of biological quality being based on Macroinvertebrates as indicators of contamination. The study was carried out in February, March and April, 2007, realizing a sampling per month. There were studied seven places of sampling placed along the trip of the River Jalponga. There followed some criteria of the Plan Maestro de Recursos Hídricos 1982 (PLADMAR), since it was to identify for every place of sampling a centroide, which is the point where the water miscellany of this zone is more homogeneous and departing from this one, ten meters upstream and ten meters downstream located the sub-points. For every place of sampling physicist - chemist determined the parameters of: Hardness, temperature and speed; these were determined by intentions of analyzing the basin from a more structural point of view. To determine the concentration of entire coliforms there was used the skill of the Multiple Pipes of Fermentation by the method of the The Most Probable Number MNP, which revealed that the highest concentrations of entire coliformes, were in the zones near to the place named "Cloaca", which is the large puddle of sedimentation that receives the discharges of domestic origin of Santiago Nonualco. To determine the biological quality, were dealt the index Biological Monitoring Working Party B.M.W.P., which revealed that the river Jalponga not only is affected by the effects of human contamination and that its low level of biological quality can be related to a residual contamination or of natural origin. Was

determined that the communities of invertebrates present an inversely proportional relation at the levels of coliformes entire presents in the water. Based on the results was determined that the river Jalponga is an ecosystem that presents a widespread contamination and so that it could be usable for recreative and agricultural ends, it is necessary to apply systems of treatment of served waters.

I. INTRODUCCION

En la actualidad existe la preocupación por el incremento de problemas de salud relacionado con infecciones de transmisión hídrica. La contaminación del agua en nuestro país es uno de los problemas más generalizados, delimitando grandemente las posibilidades de desarrollo humano en la mayoría de comunidades. La problemática económica que afronta el país cada vez hace más difícil que las autoridades establezcan acciones de monitoreo de la calidad de los recursos hídricos en los periodos necesarios. Por lo tanto para este país es necesario la aplicación de nuevas alternativas de monitoreo de calidad, que permitan ampliar la visión de la situación actual del recurso agua, encontrando soluciones más viables siempre bajo la limitante de la situación económica actual.

La contaminación fecal es de los problemas más comunes que afrontan las cuencas hidrográficas de El Salvador. La realidad social incrementa la incidencia de este problema, sumado a la falta de una educación ambiental integral que permita que las comunidades conozcan el valor intrínseco de las cuencas hidrográficas.

El presente estudio se llevó a cabo en el río Jalponga el cual pertenece a la Cuenca Hidrográfica Jalponga, la que conforman los ríos Jalponga, Chichita y Amayo, desembocando en el Estero de Jaltepeque próximo a San Luís La Herradura siendo el Río Jalponga uno de los afluentes más importantes.

El análisis tuvo lugar en el período comprendido entre los meses de Febrero-Abril del año 2007. Se describe la calidad del agua en base a dos bioindicadores cualitativos de contaminación. Para dicho análisis se tomaron en cuenta dos perspectivas las cuales son: la presencia del grupo de bacterias coliformes, determinada por el Método del número Más probable (NMP) y la tolerancia a los efectos de la contaminación que presentan organismos propios de estos ecosistemas, como lo son los macroinvertebrados determinado por el índice

“Biological Monitoring Working Party” (BMWP). El BMWP, ofrece una nueva alternativa en lo que calidad del agua respecta ya que cuenta con la ventaja de ser aplicable a la mayoría de ecosistemas lóticos a muy bajo costo y ha demostrado su exactitud en diversos estudios.

Debido a la importancia de ampliar la visión de futuros investigadores y teniendo presente que en nuestro país los análisis de calidad de agua se han basado únicamente en la presencia de contaminantes químicos y de microorganismos patógenos, en este análisis se establece el grado de relación que presentan ambos bioindicadores validando de esta manera la aplicación del BMWP para futuros estudios de calidad de agua.

II. MARCO TEORICO

2.1. AGUA

El agua es el compuesto químico más importante de la superficie terrestre, cubriendo cerca del 70% de la superficie. El volumen de agua en nuestro planeta llega cerca de 140 millones de kilómetros cúbicos, pero solamente un 2.6% es agua dulce, de esta un 0.02% esta presente en: lagos, ríos, aguas subterráneas y humedad del ambiente. (UICN, 1999).

2.1.1. AGUAS SUPERFICIALES

La precipitación pluvial origina a los caudales de escorrentía, estos caudales fluyen “aguas abajo” hasta riachuelos, arroyos, lagos y ríos y eventualmente hasta los océanos, una gran parte de estos caudales se infiltran en la tierra. El agua que se infiltra en el subsuelo se convierte en agua subterránea la cual tiende a emerger a la superficie. (Campbell, 1987).

El agua superficial se denomina “caudal receptor” y la corriente de agua subterránea “caudal freático”. Según estudios realizados por Moss, B. (1988), el caudal freático, permite la existencia de los caudales receptores en forma de: Arroyos, ríos y nacimientos. Una vez que la lluvia llega a los océanos puede regresar a la atmósfera para volver a caer en forma de precipitación y empezar nuevamente el sistema, por ello este sistema se denomina “ciclo hidrológico”.

2.3. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DEL AGUA

Estos parámetros hacen referencia a las propiedades que presenta un cuerpo de agua originalmente con respecto a su naturaleza. Los parámetros físico-químicos del agua delimitan grandemente su uso. Entre los parámetros más importantes por ejemplo tenemos: Dureza, temperatura, metales pesados, velocidad de la corriente y oxígeno disuelto. Otro factor muy importante son las características organolépticas del agua las cuales son: olor, sabor y color. Las características organolépticas del agua pueden describir de forma muy general el estado de su calidad. (Dufour & Ballentine. 1986).

2.3.1. DUREZA DEL AGUA

Según Custodio & Llamas. (2003) la dureza del agua esta determinada por la presencia de Carbonato de Calcio CaCO_3 . Esta molécula infiere propiedades al agua y puede ser alterada en aguas superficiales como los ríos por diversos factores como lo son: el lecho del río, aguas residuales descargadas, tipos de contaminación al que se someta el ecosistema, presiones antropogénicas, etc. Debido a estas condiciones las aguas que tengan altos rangos en este parámetro son sospechosas de ser atacadas por factores contaminantes.

Para aguas corrientes, si la dureza es inferior a 17 mg/L de CaCO_3 el agua se considera "blanda", si es superior a 180 mg/L se considera agua dura. (Harrys, 1999)

Las medidas de dureza del agua son:

- mg/L de carbonato cálcico CaCO_3
- El Grado hidrotimétrico
- El Grado alemán
- El Grado francés que equivale a 10 mg/L de carbonato cálcico en el agua.

Para el conocimiento del estado del agua con respecto a la dureza tenemos según Harrys, (1999) la tabla de valoración siguiente:

Tabla 1. Clasificación de la dureza del agua

<u>Tipos de agua</u>	<u>Contenido</u>
Agua blanda	menos de 17 mg/L
Agua levemente dura	desde 17 hasta 60 mg/L
Agua moderadamente dura	desde 60 hasta 120 mg/L
Agua dura	desde 120 hasta 180 mg/L
Agua muy dura	más de 180 mg/L

2.3.2. TEMPERATURA

El parámetro de temperatura es un condicionante cuando se habla de dilución de sustancias y de la biota. A mayor temperatura habrá mayor concentración de contaminantes, así como mayor rango de descomposición y por ende mayor demanda bioquímica de oxígeno. La temperatura a pesar de que sus cambios obedecen a otras condiciones más que la actividad antropogénica como lo son: la temporada o estación climática y la incidencia de radiación solar, es capaz de limitar muchos de los usos del agua así como los organismos que se desarrollen en ella. (Moss, 1988)

2.3.3. VELOCIDAD

La velocidad está delimitada por la naturaleza física del ecosistema, en ríos es conocido que formaciones rocosas pueden incrementar la velocidad de la corriente. Este factor influye mucho en la auto depuración de las aguas superficiales, así como en la oxigenación natural por difusión de la atmósfera. La velocidad es una gran limitante para la biota que exista en estos ecosistemas. (Dufour & Ballentine. 1986)

2.6. CONTAMINACIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Se le llama contaminación a cualquier cambio que se dé en la configuración original de un ambiente natural. Estos cambios pueden ser dados por el incremento o disminución de alguna sustancia o elemento; así mismo ocurren al incorporarse algunos organismos que no sean propios del ambiente en condiciones naturales; finalmente estos cambios pueden darse también por destrucción física de la estructura natural del recurso. El agua pura es un recurso renovable, sin embargo puede llegar a estar tan contaminada por las actividades humanas, que ya no sea posible utilizarla para ningún fin, sino más bien se torna dañina para la salud de los seres vivos. Entre los tipos de contaminación tenemos: Contaminación orgánica y Contaminación inorgánica. (Walker *et. al*, 2001).

La contaminación orgánica se da cuando agentes patógenos como virus, bacterias, protozoarios y parásitos, entran al recurso agua proveniente de aguas servidas y como resultado pierde su utilidad. Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Cuando hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, eliminando así las formas de vida acuáticas. (Havelaar *et al.*, 2001).

La contaminación inorgánica se da cuando sustancias químicas inorgánicas como: Ácidos, metales pesados (Mercurio, Plomo); están presentes en el agua en altas concentraciones y ésta tampoco es apta para el consumo de los seres vivos, ya que estas concentraciones pueden ser nocivas e inclusive mortales. Este tipo de contaminación también disminuye la biodiversidad de organismos acuáticos los cuales no son tolerantes a estos cambios. (Clark, 2001).

América Latina y del Caribe son ricos en recursos hídricos, si bien el agua no se distribuye en forma proporcionalmente uniforme entre los países ni tampoco dentro de los mismos, la mayoría de la población cuenta con abundante agua para atender sus necesidades. Este recurso natural no está bien administrado ni protegido. La tasa de contaminación es mucho más elevada en América Latina que en otras regiones del mundo, se estima que menos del 10% de los municipios de América Latina y el Caribe tratan adecuadamente las aguas residuales, liberándola de los excesos de contaminantes inorgánicos, evitando depositarla a altas temperaturas y monitoreando el contenido de desechos orgánicos y contaminación fecal antes de descargarlas en los recursos naturales. (García, & Muños, 2001).

Los ecosistemas de agua dulce representan un área relativamente pequeña de la superficie terrestre. Pero estos albergan una gran cantidad de la diversidad biológica del mundo. Esta diversidad biológica está gravemente amenazada, debido a que tienen que adaptarse a ecosistemas ya degradados por causa de actividades humanas como lo son la extracción de agua para consumo y la contaminación de origen agrícola e industrial. El aumento de la población mundial es el principal factor que acelera esta degradación. (UICN, 1999).

2.7.FUENTES CONTAMINANTES INORGANICAS Y ORGANICAS

Las fuentes contaminantes pueden ser de dos naturalezas inorgánicas y orgánicas. La fuente contaminante más representativa de naturaleza inorgánica es la contaminación agrícola. Así como la fuente de contaminación más representativa de naturaleza orgánica es la de origen doméstico también llamada “aguas servidas”. La contaminación de origen industrial, posee ambas naturalezas por lo que es la fuente contaminante más representativa. (Moss, 1988).

2.7.1. CONTAMINACIÓN AGRICOLA

Este tipo de contaminación es la que se da por el uso de pesticidas y está especialmente relacionado con la intensiva agricultura moderna. En los países desarrollados se han pasado de los pesticidas tóxicos persistentes y biológicamente acumulables, a otros que se degradan con mayor rapidez y son menos tóxicos para los organismos. En los países en desarrollo, todavía se encuentran muchos pesticidas altamente tóxicos debido a razones de costo, eficacia, saturación del mercado por compañías agroquímicas y limitadas regulaciones. Uno de los principales problemas causados por este tipo de contaminación es que acelera el proceso de eutrofización, que no es más que un enriquecimiento descontrolado en la cantidad de nutrientes presentes en el agua. Los nutrientes llegan a los ecosistemas por medio del fenómeno de la lixiviación y como resultado se tiene: afloramientos de organismos patógenos, acidificación del medio, acumulación de sustancias tóxicas en los cuerpos de agua, aumenta la

demanda bioquímica de oxígeno y disminuye el oxígeno disuelto. (Ongley, 1997).

2.7.2. CONTAMINACIÓN DE ORIGEN DOMESTICO

Este es el tipo de contaminación originada por las poblaciones humanas, ya que estas al igual que cualquier organismo en sus procesos vitales genera desperdicios o excreciones. Las sustancias presentes en las excreciones humanas son una mezcla de compuestos orgánicos y minerales no disueltos en solución acuosa (Repetto, 1991).

Los núcleos poblacionales son generadores de una gran cantidad de desechos líquidos a estos desechos se les denomina “aguas negras”, las cuales no son más que la combinación de los desechos en solución acuosa. Las “aguas negras” en su mayoría están constituidas de materia orgánica, algunos compuestos orgánicos que las conforman son por ejemplo: grasas, proteínas, carbohidratos, detergentes, aceites y los compuestos provenientes de su descomposición. El agua de origen doméstico contiene una abundante cantidad de microorganismos, si ésta es vertida al agua destinada para consumo, transmite su carga de agentes patógenos eventualmente presentes y causan enfermedades. Un factor importante es que las “aguas negras” al ser vertidas en los recursos hídricos como los ríos, permiten afloramientos de organismos patógenos los cuales no son propios de este tipo de ecosistemas; ya que su crecimiento poblacional obedece a descargas constantes de aguas contaminadas. (Helmer, 1991).

2.7.3. CONTAMINACIÓN DE ORIGEN INDUSTRIAL

La contaminación industrial se entenderá como la emisión de sustancias nocivas, tóxicas o peligrosas, provenientes directa o indirectamente de las instalaciones o procesos industriales al ambiente natural. Los contaminantes contenidos en aguas de origen industrial son innumerables ya que está muy ligado al tipo de producción. En general la contaminación de origen industrial puede ser causada por materia inorgánica que se encuentra en suspensión y en solución. Puede obedecer también a la acumulación de sustancias orgánicas como los

desechos fenólicos, orgánicos fermentables y tóxicos. Debido a la gran cantidad de productos que provienen de la industria, es que se genera una gran cantidad de desperdicios también. Alrededor del mundo los efectos de esta producción son evidentes tenemos por ejemplo: los detergentes contenidos en las aguas naturales así como, una gran variedad de desechos sólidos, provienen en su mayoría de descargas industriales. (Szewzyk, *et al* 2000).

2.8.EL AGUA COMO VEHÍCULO DE ENFERMEDADES

A nivel mundial, el 80% de las enfermedades infecciosas y parasitarias gastrointestinales y una tercera parte de las defunciones causadas por éstas se deben al uso y consumo de agua insalubre. La falta de higiene la carencia o el mal funcionamiento de los servicios sanitarios además del uso de los cuerpos de agua como vertederos de aguas residuales, son algunas de las razones por las que las infecciones de transmisión hídrica continúan representando un importante problema de salud en países en vías de desarrollo. (Klohn & Wolter, 1998).

El agua en absoluto estado de pureza no existe en la naturaleza, como consecuencia lógica de sus múltiples interacciones en el ciclo hidrológico. Por la necesidad que afronta el país de suministrar agua de calidad a la población se creó, La Norma Salvadoreña Obligatoria para Agua Potable, aprobada para el año 2006 la cual decreta: “El agua para consumo humano no debe de ser un vehículo de transmisión de enfermedades, por lo que es importante establecer parámetros y sus límites máximos permisibles para garantizar que sea sanitariamente segura.”. La expresión agua potable se adoptó convencionalmente para calificar el agua apta para el consumo humano. (MSPAS, 2006).

Las impurezas del agua tienen un significado muy relativo, el cual depende enteramente de las características propias de las sustancias que las ocasionan, de acuerdo con el uso específico para el que el agua se destina. La calidad no tiene gran importancia cuando se va a utilizar en ciertos servicios públicos, como son el lavado de calles o el riego de parques. Para muchos usos industriales, sin embargo, es frecuente la exigencia de especificaciones bien

definidas relativas a la pureza química, biológicas y ciertas características físicas. El uso para fines domésticos, establece además otros requisitos de calidad. Las impurezas de mayor relevancia sanitaria para el consumo humano son las bacterias y otros microorganismos patógenos transmisibles vía hídrica (Pascual, 1992).

2.8.1. RIESGOS BIOLGICOS Y SUS CONSECUENCIAS

Los principales agentes biológicos transmitidos al hombre mediante el consumo de agua contaminada son los siguientes: bacterias patógenas, virus, parásitos intestinales y otros organismos, que son agentes infecciosos que producen enfermedades de transmisión hídrica. Cualquier proceso de enfermedad transmisible en una población se deriva de la interacción dinámica entre un agente microbiano, un huésped y el ambiente, con sus complejidades físicas, biológicas y también sociales. Para combatir algunas de estas enfermedades basta con romper el eslabón más débil y accesible de la cadena causal; para otras, tal vez sea necesario modificar varios elementos ecológicos y sociales del proceso. (Ryan & Ray, 2005).

Las diferentes condiciones higiénicas del medio ambiente, en especial de los países en desarrollo, se reflejan y condicionan al cuadro de salud de la población en el cual están presentes como elementos destacados, aquellas enfermedades en que la calidad del agua de consumo desempeña un papel altamente significativo. Estas enfermedades de origen infeccioso, se caracterizan por presentarse en forma endémico-epidémica. El diagnóstico de epidemia está dado por la aparición de un número de casos confirmados que sea superior a las cifras esperadas, en un periodo de tiempo limitado y en un área determinada. Junto a estos casos existirá, en un mayor o menor grado, un número de casos presuntivos relacionados en forma más o menos evidente con los primeros. (OPS, 1992).

2.9.AUTODEPURACION DE LAS AGUAS SUPERFICIALES

Auto depuración debe entenderse como la sucesión de etapas ecológicas que van desde la descomposición e incorporación de los desechos, por efecto de factores bióticos y abióticos. Concluyendo en la recuperación de las características originales del ambiente acuático. Este proceso es importante porque reduce la concentración de compuestos tóxicos que no están sujetos a descomposición alterando su naturaleza química. (Hernández, 1994).

2.10. BACTERIAS

Microorganismo unicelular que no presentan núcleo ni organelos diferenciados, pueden medir entre 0,5 y 5 micrómetros de largo y se presentan en formas de: esferas, barras, y espirales. Estos microorganismos son todos pertenecientes al reino Mónica que quiere decir solas o únicas. (Collins, 1989).

Las bacterias son los seres vivos con mayor distribución en todo el mundo, sus hábitats varían desde: Pantanos azufrados, el suelo, en simbiosis con organismos superiores evolutivamente, etc. Son los seres vivos con mayor tiempo de existencia en el planeta. Una de las características más importantes en esta adaptación tan exitosa son los tipos de nutrición de este grupo estos según (Ryan & Ray, 2005), pueden ser:

- **Absorción:** Las bacterias con este tipo de nutrición pueden absorber directamente los nutrientes necesarios del ambiente que las rodea, e incorporarlos a su proceso metabólico en este caso se les puede considerar heterótrofas es decir, que no producen sus propios alimentos.
- **Quimiosíntesis:** Es el tipo de nutrición que le permite a las bacterias obtener los elementos necesarios para su metabolismo a partir de productos inorgánicos.
- **Foto heterótrofa:** Tipo de nutrición el cual les permite utilizar la energía solar en su proceso metabólico aunque no fabriquen su propio alimento.

- Foto autótrofa: Los grupos bacterianos con este tipo de nutrición, producen sus propios alimentos aprovechando los nutrientes del medio que las rodea y utilizando la energía solar para realizar su proceso metabólico.

El metabolismo de las bacterias pueden variar desde: Anaerobias facultativas, microaerofílicas y aerobias. (Dufour & Ballentine, 1986).

2.10.1. BACTERIAS COLIFORMES

Según Prescott *et. al* (1996), Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo *Escherichia coli*, descubierta por el bacteriólogo alemán Theodor Von Escherich en 1860. Von Escherich la bautizó como bacterium coli ("bacteria del intestino", del griego κολον, kolon, "intestino"). Con posterioridad, la microbiología sistemática nombraría el género Escherichia en honor a su descubridor. Las bacterias coliformes presentan la categorización taxonómica siguiente:

- Reino Mónera
- Phylum Proteo bacteria
- Clase Gamma proteo bacteria
- Orden Entero bacteria
- Familia Enterobacteriaceae

2.10.2. CARACTERÍSTICAS BIOQUÍMICAS

Oie *et. al*, (1992), describe a las coliformes como un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común. Tienen importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos. El grupo coliforme reúne a todas las bacterias entéricas, que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas:

- ser aerobias facultativas
- ser Gram. negativas
- no ser esporógenas
- fermentar la lactosa a 35 °C en 48 horas.

2.8.3. HABITAT DEL GRUPO COLIFORMES

Las bacterias de este grupo se encuentran principalmente en el intestino de animales de sangre caliente, es decir, homeotermos. Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo se deduce, que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales. (Ryan & Ray, 2005)

Para efectos de emplear a los coliformes como indicadores de contaminación se distinguen, los coliformes totales que comprende la totalidad del grupo y los coliformes fecales. Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal. (Talaro & Talaro, 1996).

2.8.4. COLIFORMES TOTALES

Se define como coliformes totales a aquellos que fermentan la lactosa a una temperatura de 37°C. Aplicando este criterio crecerán en el medio de cultivo algunas bacterias de los géneros: *Escherichia*, *Klebsiella* y *Citrobacter*, entre otros. Estos medios pueden ser: Caldo Lactosado o Caldo Bilis verde Brillante. La prueba de coliformes totales positiva indica la probabilidad de que entre los coliformes aislados se encuentre *E. coli*, que es indicador de contaminación fecal. (Prescott *et. al*, 1996).

2.8.5. LOS COLIFORMES COMO INDICADORES

Tradicionalmente se les ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua en razón de que; los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas y porque su origen es principalmente fecal; por lo tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura. Su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal. Se asume que estas poblaciones presentan una distribución normal por lo tanto; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la

gravedad de la descarga de heces. En general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo. (Talaro & Talaro, 1996).

Según Ryan & Ray (2005) El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros:

- *Escherichia*
- *Klebsiella*
- *Enterobacter*
- *Citrobacter*

Los estudios de Dufour & Ballentine (1986), señalan que es importante que del agua se tenga el conocimiento de las siguientes características de su microflora y su desarrollo en el recurso:

- Conocer las fuentes de contaminación, es decir saber a que tipo de contaminación se enfrenta el recurso a monitorear y la posibilidad de que estos compuestos generen microflora patógena.
- Determinar la presencia de esta microflora patógena la cual suponga un riesgo importante en la salud del consumidor, siendo uno de los objetivos más importante de la microbiología aplicada al control de calidad del recurso agua.

Se conoce que el recurso agua no es en lo más mínimo estéril y que la presencia de los microorganismos desempeña una función ecológica vital. Pero se debe tener presente cuando estos microorganismos excedan de los límites permisibles de la norma que este en vigencia. (Pascual, 1992).

2.8.6. CULTIVO DE BACTERIAS

Al trabajar con microorganismos como indicadores ambientales, muchas es necesario hacer uso de medios de cultivo, estos no son más que ambientes controlados donde se encuentran los elementos necesarios para que el microorganismo a estudiar se desarrolle satisfactoriamente. (Prescott *et. al*, 1996).

Se debe de tener en cuenta factores importantes a la hora de estudiar microorganismos como indicadores ambientales:

- Que los seres vivos necesitan de alimento (en el caso de los microorganismos este se denomina sustrato).
- El sustrato debe ser adecuado en cantidad, calidad y temperatura
- La cantidad del oxígeno disponible debe ser adecuado.
- Debe existir una cantidad tolerable de metabolitos de desechos o tóxicos.
- La cantidad de población debe ser aceptable.
- Los depredadores no deben sobrepasar la capacidad de reproducción del microorganismo.
- Que los microorganismos se adaptan y mutan frente a una situación específica, y sabiendo por experiencia la adaptación de cualquier microorganismo frente a un determinado tóxico o sustancia, ese organismo se convierte en indicador.
- Estas deben ser analizadas en cantidad o en tipo

Medio selectivo se le conoce a aquel que permite el crecimiento de un determinado tipo de bacterias dado que en el medio las variables como: PH, alimento, temperatura, indicadores e inhibidores de crecimiento, son específicas. (Zanetti & Samaniego, 2002).

2.8.7. METODO DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

El Método del Número más Probable (NMP), es la prueba para determinar la presencia del grupo de las coliformes. Este esta basado en la supocisión de que las bacterias presentan una distribución normal en los medios líquidos. Esto quiere decir que un número de muestras repetidas, del mismo tamaño provenientes de una misma fuente contienen el mismo número de organismos en promedio; este promedio es el Número más Probable. (APHA, 1986).

2.9. MACROINVERTEBRADOS

Los macro invertebrados son animales sin espina dorsal, lo suficientemente grandes como para ser observados a simple vista. Estos pueden tener un hábitat acuático o terrestre; el límite más bajo del tamaño es arbitrario. Estudios geológicos de EE.UU. han adoptado un tamaño de 0.21 milímetros como el más conveniente para los macro invertebrados del muestreo en agua. (Epa, (1991) citado por Prado, 2004).

2.9.4. CLASIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS

Según los estudios de Prado, (2004) quién cita a Orellana (2003), los macroinvertebrados acuáticos pueden clasificarse de acuerdo a sus hábitos alimenticios, morfología y comportamiento en:

- **Colectores:** Se subdividen en dos organismos que poseen un aparato bucal especializado para atrapar las partículas de materia orgánica directamente de la corriente o con redes que ellos mismos tejen y organismos que toman las partículas de materia orgánica de los depósitos de sedimentos.
- **Raspadores:** Atrapan algas y otros materiales adheridos a hojas rocas y troncos
- **Fragmentadores:** Disgregan las partículas grandes y las convierten en finas en asociación con el metabolismo de hongos y bacterias.
- **Predadores:** Cazan activamente a sus presas y completan la transformación engullendo porciones u otros organismos.

2.9.5. MACRO INVERTEBRADOS COMO INDICADORES

El efecto de la contaminación orgánica o inorgánica en las corrientes de agua puede ser estudiado usando los indicadores biológicos desde dos enfoques: Con el análisis de la presencia o ausencia de un grupo particular de invertebrados y por medio de mediciones de la diversidad de una comunidad. Este segundo enfoque es menos sensitivo que la determinación de especies pero exige menor detalle taxonómico por lo que se ve incrementada la facilidad de aplicación (Roldán, 2003).

Las comunidades de invertebrados acuáticos debido a que se encuentran en amplios tipos de ambientes y responden a una variedad de perturbaciones se utilizan en las evaluaciones ambientales debido a la clara idea que estos establecen sobre la calidad de un ambiente. El parámetro del índice BMWP se basa en asignar valores a la tolerancia de los macro invertebrados a los cambios en las condiciones de los ambientes donde viven, o también a la capacidad de adaptación que presentan ciertas familias de macro invertebrados. (Whiles *et. al.* 2000).

2.9.6. TOLERANCIA DE MACRO INVERTEBRADOS

La tolerancia se entiende como una escala numérica de 0 a 10 donde los valores más altos se asignan a organismos sensibles. Este criterio se basa en que los organismos vivos que habitan los cursos de agua, presentan adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales. También presentan límites de tolerancia ante las diferentes alteraciones. Estos límites varían de acuerdo a la familia que pertenezcan, de esta manera tenemos familias “sensibles” que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como “intolerantes”, mientras que otras familias se pueden comportar como “tolerantes” sin verse mayormente afectados. La tolerancia debe entenderse como un término general, se habla de tolerancia de macroinvertebrados ante todos y cualquier fenómeno contaminante. (Tercedor & Sánchez, 1988)

2.9.7. EVALUACION BIOLOGICA DE LA CALIDAD DEL AGUA

La evaluación biológica se basa en la presencia de un grupo de macroinvertebrados. Cuando las perturbaciones en un curso de agua llegan a un determinado nivel, los organismos intolerantes abandonan el lugar o simplemente mueren; dando lugar a que las comunidades de organismos tolerantes ocupen y se desarrollen en el ecosistema. (Tercedor & Prat, 1992)

2.10. NORMÁS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo general de las normativas de calidad de aguas residuales es la prevención de molestias y la conservación de su calidad para ser utilizadas en diversos fines. Respecto a las corrientes, en el transcurso del tiempo, se han establecido tres clases de normas para las aguas receptoras:

- Normas que protegen la calidad de aguas receptoras al prescribir el grado de dilución de las aguas residuales que aportara la corriente receptora.
- Normas para los afluentes, que prescriben el grado de calidad requerido para que se permita descargar los mismos en las aguas receptoras.
- Normas respecto a las corrientes que prescriben la calidad requerida en las aguas receptoras en si, después de que han recibido las aguas residuales o afluentes. (MSPAS, 2006).

En la evolución de las normas de calidad de agua y la construcción de plantas de tratamiento que cumplan con normas actuales, la tecnología ha avanzado desde prescribir tratamientos para la remoción de impurezas en un cuerpo receptor, hasta definir la calidad del mismo. (Hércules & Merlos, 2003).

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) establece el Reglamento Especial de Aguas Residuales publicado en el Diario Oficial el 1º de junio del 2002, de acuerdo al artículo 1, se tiene como objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación. (MARN, 2002).

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se ocupa de prolongar la disposición del recurso agua para lo cual ha establecido una propuesta de normativa para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Esta norma tiene como objeto establecer los parámetros físico-químicos, microbiológicos y radioactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores. El campo de aplicación de dicha norma se extiende a todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a un

cuerpo receptor, permitiendo observar el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor tales como olor, color, turbiedad, radioactividad y otros. (Hércules & Merlos, 2003).

El plan Maestro de los Recursos Hídricos de El Salvador PLAMDARH tiene como objetivo principal la evaluación de los recursos hídricos y su calidad en todo el país, la evaluación de las demandas de agua para todos los usos potenciales y la definición de las líneas generales de acción para satisfacer las demandas a partir de los recursos existentes. El Plan Maestro de Recursos hídricos se dividió en dos fases. En la primera fase se estudiaron los recursos y las demandas a escala nacional, se analizaron los sistemas de utilización de los recursos para la satisfacción de las demandas. En la segunda fase los recursos hídricos de El Salvador se definieron en regiones hidrográficas y entre estas regiones de gran importancia es la región “F” que comprende el Estero de Jaltepeque y sus afluentes (PNUD, 1980).

La escorrentía de los ríos ocurre principalmente durante la estación lluviosa sin embargo algunos casos ocurren en la estación seca producto del agua subterránea. La gran mayoría de los ríos no alcanzan a desembocar en el océano, desapareciendo al entrar a la planicie lo que demuestra el grado de permeabilidad de la zona, los ríos con más caudal de la zona “F” son el Jiboa y el Lempa un total de 18 ríos drenan en la región incluyendo el río Jalponga, de los cuales 7 desembocan en el mar. Evidencias geológicas indican que los mantos permeables a lo largo de la costa se encuentran en contacto directo con el océano y con el Estero de Jaltepeque. El resultado de los análisis de la composición físico-química y biológica que presentan los ríos que en forma periódica obtiene el Servicio de Hidrología y la División de Saneamiento Ambiental por medio de las respectivas redes de muestreo para la región “F”. Los estudios demostraron en general que tanto las aguas superficiales como subterráneas presentan características para abastecimiento de riegos más no alcanzan la calidad de agua potable. (Cordero, *et. al*, 2005).

Para el abastecimiento de consumo humano las aguas subterráneas son apropiadas, por el contrario las aguas superficiales no pueden ser utilizadas con este fin por estar contaminadas por los vertidos municipales e industriales los vertidos industriales son lanzados directamente a los ríos. Las situaciones críticas se presentan durante la época seca, las aguas superficiales son insuficientes para satisfacer las demandas de la población. (Cordero, *et. al*, 2005).

III. OBJETIVOS:

General:

- Analizar la calidad de agua del río Jalponga, utilizando dos índices basados en indicadores biológicos de contaminación.

Específicos:

- Conocer los niveles de calidad microbiológica de agua en cada uno de los puntos de muestreo del río Jalponga.
- Aplicación del índice Método de Número Más Probable (NMP) para la descripción cualitativa de la calidad del agua.
- Conocer los niveles de calidad biológica de agua en cada uno de los puntos de muestreo del río Jalponga.
- Aplicación del índice “Biological Monitoring Working Party” (BMWP) utilizando macro invertebrados como indicadores de contaminación.
- Identificación taxonómica de macro invertebrados presentes en el río Jalponga como indicadores de calidad de agua.

IV. PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS

- Hipótesis de Investigación:

Calidad Biológica y Microbiológica del agua del río Jalponga.

- Hipótesis Nula H_0 :

El agua del río Jalponga es de buena Calidad

- Hipótesis Alternativa H_1 :

El agua del río Jalponga no es de buena calidad

Hipótesis estadísticas

$H_0 : X_1 = X_2 = X_3 = \dots X_n$

$H_a : X_1 \neq X_2 \neq X_3 \neq \dots X_n$

V. METODOLOGIA

5.1. UBICACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO

El trabajo de investigación se realizó en la cuenca del Río Jalponga, ubicado aproximadamente a 2km de la ciudad de Santiago Nonualco departamento de la Paz entre las coordenadas: 13° 30' 55,50" N, 88° 56' 59,28 O, al extremo norte y los 13°22'25,99" N, 88°55'08,65"O al extremo sur, desembocando en el estero de Jaltepeque. Pertenece a la cuenca hidrográfica "Jalponga", a la que también pertenecen los ríos Chichita y Amayo. (Ver anexo 1)

5.2. SITIOS DE MUESTREO

Para la metodología de campo se eligieron 4 puntos de muestreo de los cuales tres han sido preestablecidos por el Plan Maestro de Recursos Hídricos PLAMDARH (1982), y para propósitos comparativos se escogieron tres puntos referenciales, dando un total de siete sitios de muestreo. Para los cuatro puntos de muestreo los análisis se realizaron durante el período de Febrero-Abril 2007, para los puntos referenciales los análisis se llevaron a cabo en el período de Marzo-Abril 2007.

Cada sitio de muestreo se dividió en tres sub-puntos representativos los cuales son: Centroides, sub-punto 1 y sub-punto 2. Para todos los sitios el sub-punto 1 está diez metros río arriba del Centroides y el sub-punto 2 está diez metros río abajo. Todos los sitios han sido identificados acorde al nombre de la zona más cercana o con base a un criterio más descriptivo, obteniéndose los cuatro puntos de muestreo siguientes:

Puntos de Muestreo del PLAMDARH.

- **F01 Jalpon**, conocido como "Puente Jalponga" (PJAL), este punto se ubica exactamente bajo la carretera del litoral a unos 500 metros antes de la entrada a Santiago Nonualco. Las coordenadas de su Centroides son las siguientes: 13°29'35,61"N y 88° 56' 54,74"O. El lugar está constituido por

suelo rocoso sedimentario, con una profundidad del agua entre los 0.3 a 3mts con una elevación de 115 msnm. (Ver anexo 2)

- **F02 Jalpon**, conocido como “Caserío Concepción Jalponga” (CJAL), este punto se ubica a unos 8 km en dirección sur de la carretera del Litoral colindando al oeste con la Hacienda San Luís Agua. Las coordenadas de su Centroides son: 13°29'20,56"N y 88° 56' 49,86"O. El lugar está constituido por grava-arena, presentó una profundidad entre los 1.15 a 2 Mts con una elevación de 85 msnm. (ver anexo 3)
- **F03 Jalpon**, conocido como “Caserío Santa Rita” (CSR). A 12Km en dirección sur de la carretera del Litoral, cerca de Hacienda el Pacen y el cantón Agua Vado. Las coordenadas de su Centroides son: 13°26'18,42"N y 88° 58.00' 01,56"O El lugar está constituido por grava, lodo y suelo rocoso sedimentario, tiene una profundidad de 0.25 a 0.70 mts con una elevación de 28 msnm. (ver anexo 4)
- **F04 Jalpon** conocido como “Hacienda Hoja de Sal” (HHS), ubicado a 23 km dirección sur de la carretera del Litoral. Es una zona rodeada de cultivos de caña de azúcar colindando al sur con Montaña Hoja de Sal. Las coordenadas de su Centroides son: 13°23'50,27"N y 88° 56' 56,10"O. El lugar está constituido por grava arenosa presenta una profundidad de 0.30 mts a una elevación de 12 msnm. (Ver anexo 5)

Para los tres puntos referenciales se ocuparon los mismos criterios al nombrarlos y georeferenciarlos por lo que tenemos:

- **PR1**, conocido como “Borda de Escuintla” (BE), este punto referencial está ubicado a 10 metros de la unión del río Amayo con el río Jalponga. Es una zona de cultivos la cual está rodeada por un tabique de tierra conocido como “Borda de Escuintla”. Su Centroides se ubica en las siguientes

coordenadas: 13°22'25,99"N, 88°55'08,65"O. El lugar está constituido por arena y grava el agua presenta una profundidad de 0.1 mts y tiene una elevación de 5 msnm. (Ver anexo 6)

- **PR2**, conocido como “Apanta” (APA), este punto referencial está ubicado a unos 800 mts al Oeste del municipio de Santiago Nonualco. Es una zona urbanizada donde las casas se disponen alrededor de la cuenca sobre este lugar pasa el puente Nonualco. Su Centroides se ubica en las siguientes coordenadas: 13°30'55,50"N y 88°56' 59,28"O, este lugar está constituido por una zona altamente boscosa, presenta rocas sedimentarias y arena, presenta una profundidad de 0.8 mts y tiene una elevación de 108 msnm. (Ver anexo 7)
- **PR3**, conocido como “Cloaca” (CA), este punto es la poza de oxidación para las aguas negras de Santiago Nonualco. Su Centroides se ubica en las siguientes coordenadas: 13°30'20,39"N y 89° 56' 45,82"O. (Ver anexo 8)

5.3. FASE DE CAMPO

La fase de campo se desarrolló en tres viajes, por cada viaje se realizó una visita a cada sitio de colecta durante un período comprendido entre los meses de Febrero-Abril del 2007. Durante el primer mes se visitaron únicamente los puntos de colecta (PJAL, CJAL, CCR, HHS), teniendo un total de cuatro sitios de muestreo. Para el período comprendido entre Marzo-Abril 2007, se realizaron dos visitas respectivamente a cada sitio teniendo un total de siete sitios de muestreo durante estos dos meses.

Para cada sitio de muestreo se tomaron los parámetros físico-químicos de: Dureza, Temperatura y Velocidad. La toma de dureza del agua se realizó mediante la prueba de determinación de “complejos metálicos” propuesta por Harris D. (2004), utilizando el ácido etilendiamino-tetraacético (abreviado EDTA) como buffer, un indicador ($MgIn^+$) y un titulante. Se procedió a tomar 25ml de agua de

río, a estos 25ml se le agregaron 2ml de buffer (EDTA), posteriormente se les agregó 2 gr. de indicador, tornándose el agua de color rojo, finalmente se les agregó el titulante en gotas, hasta que el agua se tornara de color morado. (Ver anexo 9).

Para la toma de la temperatura se usó un termómetro ambiental marca (ASHCROFT) este termómetro se mantuvo sumergido por 1 minuto, transcurrido este tiempo se tomó la lectura.

Para determinar la velocidad se procedió a medir 10 mts de tramo de recorrido del río, posteriormente utilizando una pelota plástica la cual se dejó flotar libremente, se tomó el tiempo en que la pelota tardaba en llegar de un extremo al otro de la distancia conocida. Los diez metros se dividen entre el tiempo para tener el valor de la velocidad superficial de la corriente. Comunicación personal¹.

5.3.1. PROCESAMIENTO DE MUESTRAS DE AGUA

Para la recolección de muestras de agua se utilizaron guantes de látex y bolsas esterilizadas de cierre metálico (Zip-Lock). Cada bolsa se rotuló con plumón permanente, indicando el Centroide o sub-punto donde se tomó la muestra. Al momento de coleccionar la muestra se tomó la bolsa con ambas manos, se sumergió estando aún cerrada a unos 10cm de la superficie, se procedió a abrir el cierre en contra de la corriente evitando que por el flujo de la corriente la bolsa haya atrapado basura o desperdicios. (Ver anexo 10) Cuando la bolsa se encontraba llena se cerraba estirando ambos lados del cierre, para posteriormente introducirla en la cadena de frío en una hielera lo más cercano a 4 °C de temperatura.

Para cada Sitio se coleccionaron un total de 3 muestras de agua es decir, una muestra en el “Centroide” y una por cada uno de los dos sub-puntos. Cada bolsa almacenó alrededor de 50ml. Para el único sitio que se utilizó equipo diferente, fue para el punto Cloaca. En este caso fue necesario utilizar gafas adicionales a

¹ Lic. Rodolfo Menjívar, Cátedra de Hidrobiología.

los guantes para evitar cualquier salpicadura del agua. Además las muestras provenientes de este sitio se trasladaron en una hielera diferente, para evitar contaminación en el transporte.

La recolección de los macro invertebrados, se hizo mediante el método de estudio de calidad biológica propuesto por Tercedor & Prat (1992). Para lo cual se utilizó una red manual de forma rectangular con dimensiones de 25cm X 40cm. (Ver anexo 11) La técnica consistió en mantener por un tiempo de 5 minutos la red dentro del agua, colocándola en contra de la corriente. Con el fin de obtener la mayor cantidad de individuos posibles, durante este lapso de tiempo se removió el sustrato; ya fuese este, piedra, lodo, hojarasca o arena según el caso. (Ver anexo 12) La metodología exige que las colectas en el mismo punto sean hasta que se repitieran los mismos individuos en dos colectas consecutivas, esta técnica no fue posible aplicarse en el punto “Cloaca”. Los especímenes en la red, se colocaron en una bandeja de fondo blanco, retirando toda la basura. Todos los macro invertebrados encontrados, se colocaron en frascos conteniendo alcohol 70% para fijar las muestras. Cada frasco se rotuló con el punto donde se obtuvo y el centroide o sub-punto correspondiente. Para garantizar que los especímenes se mantuvieran por más tiempo se ingresaron a una cadena de frío lo más cercana a 4°C hasta poder ser identificados.

5.5.FASE DE LABORATORIO

La fase de Laboratorio se llevó a cabo en las instalaciones de los laboratorios de Microbiología, Biología Celular y Genética Molecular para los análisis microbiológicos del agua y las instalaciones del laboratorio de Entomología pertenecientes a la Escuela de Biología Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad de El Salvador S.S.

5.4.1. ANALISIS DE COLIFORMES PRESENTES EN EL AGUA

Para el análisis microbiológico del agua se utilizó la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación y el Método del Número más Probable, este método es recomendado por Apha (1986).

El primer paso consistió en preparar los tubos de ensayo que contendrían el medio de cultivo. El medio de cultivo utilizado fue Caldo Bilis verde Brillante, por ser un medio más específico para enterobacterias. Previamente de recibir las muestras, se lavaron los tubos y las campanas de Durhan a utilizar.

El medio de cultivo se disolvió en agua a una proporción de 40 gr de reactivo por un litro de agua, se calentó y agitó hasta volverse de color verde transparente. A cada tubo se le introdujo una campana de Durhan invertida y se les vertió 15 +/- 0.025ml de Caldo Bilis verde Brillante de concentración simple, (Campbell, 1987). Posteriormente los tubos de ensayo se esterilizaron en un autoclave a 120 libras presión durante 15 min.

La inoculación del agua de río, se realizó en una cámara de flujo laminar, utilizándose pipeteadores graduados con sus respectivas puntas estériles, para tres volúmenes distintos y por triplicado de agua de río los cuales son: 1ml, 10ul y 100ul, luego de inoculado cada tubo, se incubaron a 34.5°C por un período de 48 horas.

Ubicando los tubos en una gradilla en orden correlativo al volumen de agua inoculado (Ver anexo 13), se procedió a contar el número de resultados negativos y positivos; evidenciados por la ausencia (resultado negativo) o presencia (resultado positivo) de una burbuja de aire en el interior del tubo de Durhan. Para determinar la calidad del recurso agua mediante el índice NMP, se utilizó la tabla de valores del NMP/100ml asignada a las distintas series de resultados obtenidos a partir de los tres tubos para cada volumen de agua. (Ver anexo 14).

5.5.2. IDENTIFICACION DE MACROINVERTEBRADOS

Las muestras de macroinvertebrados fueron cambiadas del frasco con alcohol 70% de la fase de campo a un frasco conteniendo alcohol 90% rotulándose igual que el frasco original. Las muestras fueron clasificadas hasta el nivel de familia, con la gentil colaboración del Br. Rubén Sorto, encargado del Laboratorio de Entomología.

Para el análisis de la calidad de agua basado en la presencia de macro invertebrados el Índice B.M.W.P ocupa los valores de tolerancia asignados a las familias taxonómicas de macro invertebrados (Ver Anexo 15), dada la similitud de las características de los ríos se utilizaron las mismas tablas empleadas por Prado, (2004) y Tercedor & Prat, (1992).

Los valores de todas las familias encontradas se suman para posteriormente ubicarlos dentro de la categoría de calidad biológica asignada por el B.M.W.P. (Ver anexo 16)

5.6. ANÁLISIS MATEMATICO

Los resultados de los parámetros físico-químicos, los niveles de coliformes y los totales de la tolerancia de los macroinvertebrados, fueron agrupados en orden cronológico y mediante el programa Microsoft Excel 2007 se calcularon los estadísticos de tendencia central: Promedio, Mediana y Media Geométrica.

Para analizar el grado de relación existente entre los valores de la concentración de coliformes totales y los totales de tolerancia registrados para todos los sitios de muestreo en el períodos de Febrero hasta el mes de abril 2007, se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson con un valor de significancia $s = 0.001$ con un nivel de confianza de 95%. De esta manera se podrá definir la relación entre los datos y si los efectos de contaminación microbiológica perturban el desarrollo y el ciclo de vida de los macro invertebrados.

Formula:

$$r = \frac{\sum(X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum(X - \bar{X})^2 \sum(Y - \bar{Y})^2}}$$

Donde:

r = Coeficiente de correlación de Pearson para las variables X y Y

X = Datos obtenidos de cada punto de muestreo utilizando MNP

Y = Datos obtenidos en cada punto de muestreo utilizando BMWP

−0.90= Correlación negativa muy fuerte.

−0.75= Correlación negativa considerable.

−0.50= Correlación negativa media.

−0.10= Correlación negativa débil.

0.00= No existe correlación alguna entre las variables

+0.50= Correlación positiva media.

+0.75= Correlación positiva considerable.

+0.90= Correlación positiva muy fuerte.

+1.00= Correlación positiva perfecta

VI. RESULTADOS

En este apartado se muestran los datos obtenidos de la calidad del agua del río Jalponga durante el período de febrero-abril 2007. En primer lugar se presentan los resultados del punto “Cloaca”. Posteriormente se exponen: la distancia para todos los sitios a partir de la fuente contaminante principal (cloaca), las características organolépticas de los sitios de muestreo al mismo tiempo tomando posteriormente los parámetros físico-químicos, así como los valores de los índices utilizados para la determinación de su calidad biológica (macroinvertebrados) y microbiológica (coliformes).

6.1. RESULTADOS DEL PUNTO REFERENCIAL “CLOACA”

A continuación se presentan los resultados para el punto Cloaca, obtenidos entre los meses de Marzo-Abril 2007.

Cuadro 1. Promedios de las mediciones realizadas en el punto Cloaca durante el período de Marzo-Abril 2007

MUESTREO	DUREZA mg/L	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD mt/s	NIVELES DE COLIFORMES TOTALES NMP/100ML	VALORACIÓN DE TOLERANCIA
1	56	24,5	1.43	>11000	Indeterminado
2	57	24,5	1.66	>11000	Indeterminado
Promedio	56,5	24,5	1.54	>11000	Indeterminado

Para los parámetros físico-químicos, se obtuvo un promedio de 56,5 es el promedio más alto de todos los ya presentados, se le considera “agua blanda”, la temperatura se mantuvo constante en los dos muestreos sin presentar variación alguna, la velocidad fue mayor que en todos los puntos registrando 1.54m/s. Los valores de contaminación bacteriana fueron inmedibles dando como único parámetro >11000 NMP/100ml. Para la tolerancia de macroinvertebrados no fué posible colectar muestras debido a las condiciones del lugar.

6.2. DISTANCIA APROXIMADA DE LOS SITIOS DE MUESTREO AL PUNTO “CLOACA”

Tabla 2. Distancia promedio de los sitios de muestreo en relación a la principal fuente contaminante.

PUNTO DE MUESTREO	DISTANCIA DEL PUNTO CLOACA EN KM.
Puente Jalponga (F01)	3
Caserío Concepción Jalponga (F02)	11
Caserío Santa Rita (F03)	15
Hacienda Hoja de sal (F04)	26
Borda de Escuintla (PR1)	30
Apanta (PR2)	-2

La tabla anterior nos muestra la distancia existente entre cada punto de muestreo con la fuente contaminante puntual. Para el punto referencial de Apanta la distancia es negativa ya que está ubicado “río arriba” por lo tanto sus resultados no se ven afectados por el punto Cloaca.

6.3. CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS E INDICADORES DE PERTURBACIÓN ANTROPOGÉNICA

Tabla 3. Características organolépticas e indicadores de perturbación en cada sitio de muestreo.

PUNTO DE MUESTREO	CARACTERÍSTICAS ORGANOLÉPTICAS DEL AGUA	INDICADORES DE PERTURBACIÓN: CONSTRUCCIONES, UTILIZACIÓN DEL RECURSO AGUA, ASENTAMIENTOS POBLACIONALES
Puente Jalponga (F01)	<ul style="list-style-type: none"> • Turbia • Mal olor 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente vehicular • Zona utilizada como lavadero • Asentamientos poblacionales
Caserío Concepción Jalponga (F02)	<ul style="list-style-type: none"> • Turbia • Mal olor 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay construcciones • Utilizado como regadíos • Agua para ganado • Asentamientos poblacionales
Caserío Santa Rita (F03)	<ul style="list-style-type: none"> • Incolora • Inodora 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente vehicular • Zona utilizada como lavaderos • Asentamientos poblacionales
Hacienda Hoja de sal (F04)	<ul style="list-style-type: none"> • Incolora • Inodora 	<ul style="list-style-type: none"> • Represa artesanal • Zona de paso de camiones cañeros • No hay asentamientos poblacionales
Borda de Escuintla (PR1)	<ul style="list-style-type: none"> • Incolora • Inodora 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay construcciones • Zona de cultivos de caña de azúcar • No hay asentamientos poblacionales
Apanta (PR2)	<ul style="list-style-type: none"> • Inodora • Incolora 	<ul style="list-style-type: none"> • No hay construcciones • No se registran usos del agua en esta zona • Asentamientos poblacionales
Cloaca (PR3)	<ul style="list-style-type: none"> • Mal olor • Turbia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pozo de sedimentación • Desagüe de aguas negras

En la tabla número 3 se presentan las diferentes características organolépticas de cada punto, así como los indicadores de perturbación que en este caso se evidencian por diferentes intervenciones antropogénicas.

6.4. PARÁMETROS FÍSICO QUÍMICOS

El parámetro de dureza indica la concentración de Carbonato de Calcio (CaCO_3) presente en el agua, lo cual puede ser un parámetro que permita concluir el grado y tipo de contaminación.

Cuadro 2. Promedio de los parámetros físico químicos obtenidos para cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

MUESTREO	SITIO	DUREZA mg/L	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD mt/s
1	PJAL (F01)	26.66	26.7	0.58
	CJAL (F02)	23.33	28.56	0.18
	CSR (F03)	26.67	35.8	0.58
	HHS (F04)	30	34.36	0.33
2	PJAL (F01)	20	32.7	0.58
	CJAL (F02)	26.67	30.1	0.18
	CSR (F03)	26.67	36.3	0.58
	HHS (F04)	30	28.04	0.33
3	PJAL (F01)	20	28.7	0.58
	CJAL (F02)	33.33	28.1	0.18
	CSR (F03)	30	36.	0.58
	HHS (F04)	30	30.3	0.33

En el cuadro 2 se muestran los valores promedios de todas las mediciones de parámetros físico-químicos, obtenidos para los puntos y sub-puntos en el período de Febrero-Abril.

Para los valores de temperatura del agua se registró, una variación entre el valor máximo y el valor mínimo de 10 °C, teniendo como máximo valor 36.3 °C para el Caserío Santa Rita y como valor mínimo 26.7 °C en el Puente Jalponga.

La velocidad del agua, mantuvo promedios constantes en todo el muestreo, pero sí representa diferencias entre cada uno de los puntos por lo que tenemos que, el Puente Jalponga presentó el mayor valor de velocidad con 0.58 mt/s, y el Caserío Concepción Jalponga es el que presentó el menor valor con 0.18 mt/s.

Los datos obtenidos para los puntos referenciales fueron tomados en un período de dos meses comprendido entre Marzo-Abril 2007. Para Apanta y Borda de Escuintla, se tomaron parámetros físico-químicos con el fin de establecer comparaciones entre los puntos de muestreo

Cuadro 3. Promedio de los parámetros físico-químicos obtenidos para los puntos referenciales en el período de Marzo-Abril 2007.

MUESTREO	SITIO	DUREZA mg/L	TEMPERATURA °C	VELOCIDAD mt/S
2	BE (PR1)	30	29	0.62
	APA (PR2)	20	26.9	0.62
3	BE (PR1)	30	28.1	0.62
	APA (PR2)	20	26.7	0.62

El cuadro 3 representa los promedios de los valores obtenidos para los puntos referenciales durante los dos meses de muestreo.

Los valores de temperatura presentaron una variación no significativa entre ambos puntos siendo como mayor valor 29 °C para Borda de Escuintla y el menor valor se registró en Apanta con 26.7 °C.

Para los valores registrados de velocidad de la corriente, ambos puntos reportaron los mismos valores con 0.62 m/s en el periodo de Marzo-Abril 2007.

6.5. COLIFORMES TOTALES

Para las muestras de agua recolectadas de cada uno de los puntos de muestreo se aplicó la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación por triplicado. Se presentan los resultados obtenidos de NMP/100ml indicando los niveles de Coliformes Totales presentes en el agua. Donde >11000 NMP debe entenderse como 11001 NMP para propósitos matemáticos.

Cuadro 4. Valores de coliformes totales (NMP/100ml) de cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

MUESTREO	SITIO	SUB PUNTO 1	CENTROIDE	SUB PUNTO 2
1	PJAL (F01)	4600	>11000	>11000
	CJAL (F02)	11000	11000	11000
	CSR (F03)	11000	2400	>11000
	HHS (F04)	4600	2400	11000
2	PJAL (F01)	>11000	530	4600
	CJAL (F02)	11000	11000	11000
	CSR (F03)	>11000	>11000	420
	HHS (F04)	2900	1600	240
3	PJAL (F01)	11000	>11000	2100
	CJAL (F02)	11000	11000	1500
	CSR (F03)	4600	11000	4600
	HHS (F04)	2400	2400	2400

En el cuadro anterior se muestran los valores de coliformes totales para cada punto durante los tres meses de muestreo.

Cuadro 5. Estadísticos de tendencia central aplicados a los valores de coliformes totales (NMP/100ml) de cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

SITIO	PROMEDIO	MEDIANA	MEDIA GEOMETRICA
PJAL (F01)	7430	11000	5380.5
CJAL (F02)	9940.44	11000	8810.6
CSR (F03)	7450	11000	5320.5
HHS (F04)	3320.67	2400	2310

En el cuadro 5 se presentan los resultados de aplicar estadísticos de tendencia central a los niveles de coliformes totales. Los puntos Caserío Concepción Jalponga y Caserío Santa Rita presentaron los mayores promedios de contaminación por coliformes 9940.44 y 7450 (NMP/100ml) respectivamente. De la misma manera el valor de la mediana y el valor asignado por la media

geométrica conservan la tendencia a que los mismos puntos presenten los mayores valores de contaminación por coliformes.

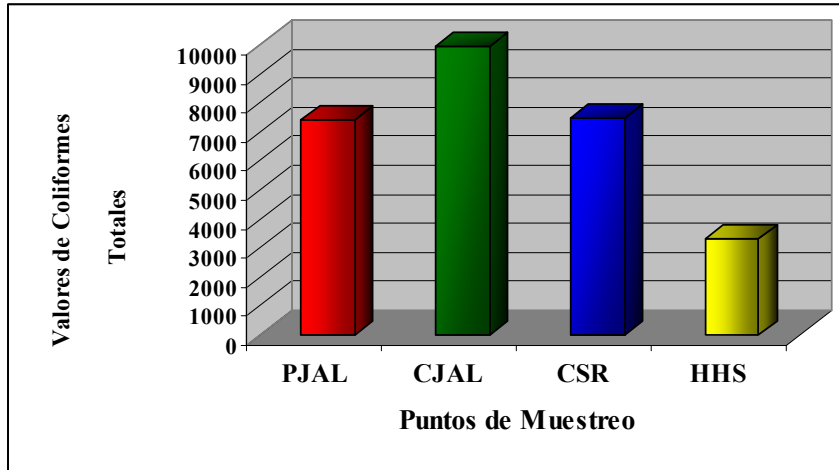


Fig. 1. Promedio de los valores de Coliformes Totales (NMP/100ml) reportados para los puntos de muestreo durante el período de Febrero-Abril 2007.

En la figura 1 se puede observar el comportamiento general de los valores de coliformes totales en los puntos de muestreo durante el período comprendido entre Febrero-Abril 2007.

Cuadro 6. Estadísticos de tendencia central aplicados a los valores de Coliformes Totales (NMP/100ml) en los puntos referenciales en el período de Marzo-Abril 2007.

SITIO	PROMEDIO	MEDIANA	MEDIA GEOMETRICA
BE (PR1)	930	930	930
APA (PR2)	930	930	930

En el cuadro anterior, puede observarse que ambos puntos referenciales presentan el mismo valor de contaminación por coliformes con un total de 930 (NMP 100ml) durante los dos meses, sin presentar variación en cada mes y en cada punto.

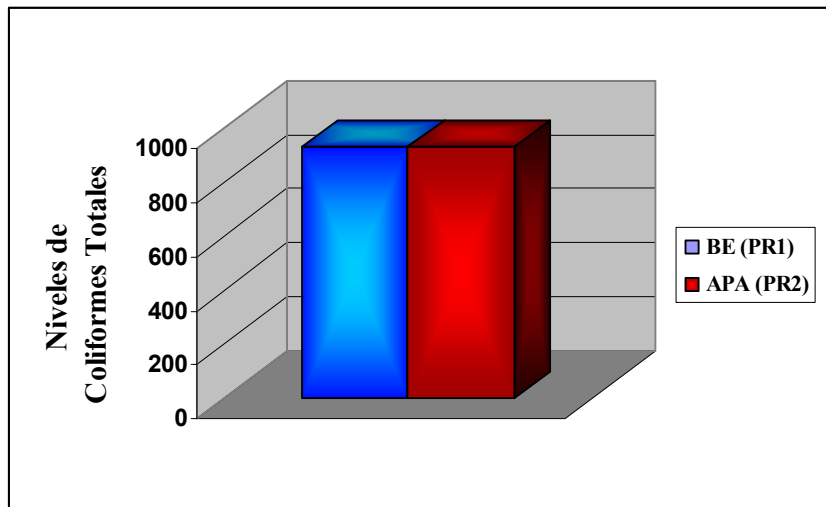


Fig. 2. Promedio de los valores de Coliformes Totales (NMP/100ml) en los puntos referenciales en el período de Marzo-Abril 2007.

La figura 2, nos muestra la tendencia que presentaron los puntos referenciales en los niveles de contaminación bacteriana. Sin presentar variaciones entre si con un mismo resultado para ambos puntos, por lo que se evidencia que a mayor distancia, los niveles de contaminación microbiológica para Borda de Escuintla se registran los valores originales como es el caso de Apanta.

6.6. CALIDAD BIOLÓGICA

La calidad biológica del agua, se obtiene mediante la suma de la ponderación asignada a la tolerancia de cada una de las familias taxonómicas de macroinvertebrados encontradas en cada sitio de muestreo.

Tabla. 4. Total de familias encontradas, valor asignado de tolerancia según Tercedor & Prat (1992) y total de individuos por familia capturados durante el período de Febrero-Abril 2007.

FAMILIA TAXONOMICA	ORDEN TAXONOMICO	VALORACION DE TOLERANCIA	INDIVIDUOS POR FAMILIA
Amphipterygidae	Odonata	3	36
Guerridae	Hemiptera	3	17
Libellulidae	Odonata	8	9
Hydrophilidae	Coleoptera	3	9
Hebridae	Hemiptera	8	8
Coenagrionidae	Odonata	6	8
Dysticidae	Coleoptera	4	6
Gomphidae	Odonata	8	5
Lestidae	Odonata	8	4
Aeshnidae	Odonata	8	3
Corydalidae	Megaloptera	6	3
Palaemonidae	Decapoda	6	3
Naucoridae	Hemiptera	3	2
Notonectidae	Hemiptera	3	2
Cordulegasteridae	Odonata	8	1
Chironomidae	Diptera	3	1
Total de individuos.			117

En la tabla anterior se exponen las familias encontradas en todos los puntos de muestreo, el respectivo orden taxonómico al que pertenecen, valor de tolerancia y el número de individuos capturados, incluyendo los puntos referenciales.

La mayor cantidad de individuos encontrados, pertenecen a la familia Amphipterygidae encontrada en todos los sitios de muestreo durante todo el trabajo, presentando un total de 36 individuos. Las familias que presentaron menor número de apariciones son: Cordulogastridae y Chironomidae, con un solo individuo para cada familia, en el período de Febrero-Abril 2007.

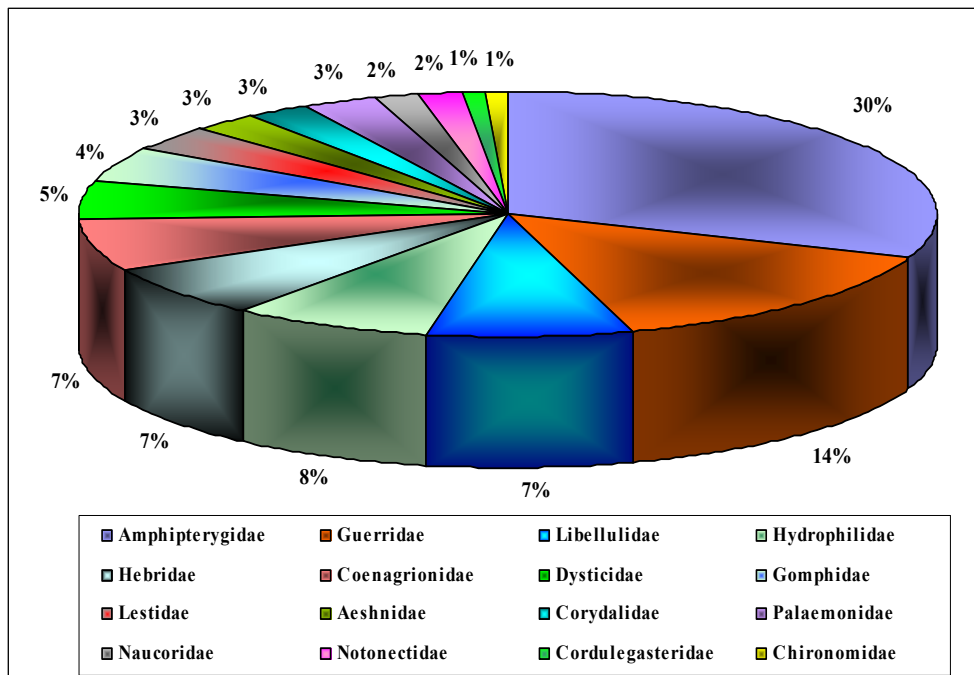


Fig. 3. Porcentaje por familias del total de individuos encontrados durante el periodo de Febrero-Abril 2007, en todos los sitios de muestreo.

En la figura 3 podemos apreciar la proporción porcentual de los representantes de cada familia taxonómica en comparación al total de 117 individuos colectados en el período de febrero hasta el mes de abril 2007, en todos los sitios de muestreo. La mayor abundancia la presentó la familia Amphiterigidae siendo el 30% de todas las familias colectadas. La familia Chironomidae es la de menor abundancia con un total de 1% de todas las familias colectadas.

Cuadro 7. Distribución de las familias por puntos de muestreo, Febrero 2007.

MUESTREO	SITIO	SUB-PUNTO 1	CENTROIDE	SUB-PUNTO 2
1	PJAL (F0-1)	<ul style="list-style-type: none"> Dysticidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Corydalidae Amphiterigidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Gomphidae Amphyterigidae
	CJAL (F0-2)	<ul style="list-style-type: none"> Gomphidae Libellulidae 	<ul style="list-style-type: none"> Gomphidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Cordulogastridae Guerridae
	CSR (F0-3)	<ul style="list-style-type: none"> Amphyterigidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Dysticidae Guerridae Paleomonidae 	<ul style="list-style-type: none"> Guerridae Chironomidae
	HHS (F0-4)	<ul style="list-style-type: none"> Hydrophilidae Guerridae Hebridae 	<ul style="list-style-type: none"> Corydalidae Amphyterigidae Dysticidae 	<ul style="list-style-type: none"> Coenagrionidae. Guerridae

En el cuadro anterior se expone la distribución de las familias de macroinvertebrados por cada punto y sub-punto durante el primer mes de muestreo; no se hace mención de los puntos referenciales ya que durante el primer mes no hubo colecta en estos sitios.

Cuadro 8. Distribución de las familias por puntos de muestreo y puntos referenciales, Marzo 2007.

MUESTREO	SITIO	SUB-PUNTO 1	CENTROIDE	SUB-PUNTO 2
2	PJAL (F0-1)	<ul style="list-style-type: none"> Amphyterigidae Coenagrionidae 	<ul style="list-style-type: none"> Coenagrionidae Lestidae Hebridae 	<ul style="list-style-type: none"> Hidrophilidae Dytiscidae
	CJAL (F0-2)	<ul style="list-style-type: none"> Aeshnidae 	<ul style="list-style-type: none"> Amphiterygidae 	<ul style="list-style-type: none"> Amphiterygidae
	CSR (F0-3)	<ul style="list-style-type: none"> Amphiterygidae Guerridae Amphiterygidae 	<ul style="list-style-type: none"> Amphiterygidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Amphiterygidae Hebridae
	HHS (F0-4)	<ul style="list-style-type: none"> Hydrophilidae Libellulidae 	<ul style="list-style-type: none"> Naucoridae Hidrophiladae Amphyterigidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Coenagrionidae Hebridae Amphyterigidae
	APA (PR2)	<ul style="list-style-type: none"> Libellulidae Hebridae Hidrophilidae 	<ul style="list-style-type: none"> Libellulidae Hebridae Hidrophilidae 	<ul style="list-style-type: none"> Libellulidae Hebridae Hidrophilidae
	BE (PR1)	<ul style="list-style-type: none"> Hebridae Hidrophilidae Gomphidae Libellulidae Corydalidae Hidrophilidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Hebridae Hidrophilidae Gomphidae Libellulidae Corydalidae Hidrophilidae Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> Hebridae Hidrophilidae Gomphidae Libellulidae Corydalidae Hidrophilidae Guerridae

En el cuadro 8 se exponen las familias colectadas para los puntos de muestreo y los puntos referenciales en el segundo mes.

Cuadro 9. Distribución de las familias por puntos de muestreo y puntos referenciales, Abril 2007.

MUESTREO	SITIO	SUB-PUNTO 1	CENTROIDE	SUB-PUNTO 2
3	PJAL (F0-1)	<ul style="list-style-type: none"> • Dysticidae • Amphyterigidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Coenagrionidae • Lestidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrophilidae • Dytiscidae
	CJAL (F0-2)	<ul style="list-style-type: none"> • Notonectidae • Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Libellulidae • Guerridae • Amphipterygidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Amphipterygidae • Coenagrionidae • Hidrophilidae • Naucoridae • Hidrophilidae
	CSR (F0-3)	<ul style="list-style-type: none"> • Coridalidae • Guerridae • Coenagrionidae • Paleomonidaedecapodo 	<ul style="list-style-type: none"> • Amphipterygidae • Hebridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Coenagrionidae • Amphipterygidae • Libellulidae • Hebridae
	HHS (F0-4)	<ul style="list-style-type: none"> • Libellulidae • Paleomonidae • Amphyterigidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Coenagrionidae • Guerridae • Amphyterigidae 	<ul style="list-style-type: none"> • Hebridae • Notonectidae • Amphyterigidae
	APA (PR2)	<ul style="list-style-type: none"> • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae
	BE (PR1)	<ul style="list-style-type: none"> • Hebridae • Hidrophilidae • Gomphidae • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Hebridae • Hidrophilidae • Gomphidae • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae 	<ul style="list-style-type: none"> • Hebridae • Hidrophilidae • Gomphidae • Libellulidae • Corydalidae • Hidrophilidae • Guerridae

En el cuadro 9 se exponen las familias colectadas para los puntos de muestreo y los puntos referenciales en el tercer mes.

Cuadro 10. Totales de tolerancia por las familias de macroinvertebrados según Tercedor (1992) encontradas para cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

MUESTREO	SITIO	SUB PUNTO 1	CENTROIDE	SUB PUNTO 2
1	PJAL (F01)	7	12	11
	CJAL (F02)	16	11	11
	CSR (F03)	6	13	5
	HHS (F04)	14	13	9
2	PJAL (F01)	9	22	7
	CJAL (F02)	3	3	8
	CSR (F03)	9	9	11
	HHS (F04)	11	12	17
3	PJAL (F01)	7	14	7
	CJAL (F02)	6	14	26
	CSR (F03)	27	11	24
	HHS (F04)	17	12	18

En el cuadro anterior, se presentan los datos obtenidos de la sumatoria de los valores de tolerancia en todos los sitios de cada punto de muestreo durante los tres meses de muestreo. El mayor valor es de 27, dato obtenido en el sub. Punto 1 de Caserío Santa Rita durante el tercer mes, el menor valor se registró en el sub-punto 1 y el centroide de Caserío Concepción Jalponga en el segundo mes de muestreo en el periodo de Febrero-Abril 2007.

Cuadro 11. Estadísticos de tendencia central aplicados a los totales de tolerancia para cada punto de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

SITIO	PROMEDIO	MEDIANA	MEDIA GEOMETRICA
PJAL (F01)	10.66	9	9.9
CJAL (F02)	10.88	11	8.8
CSR (F03)	12.77	11	11.1
HHS (F04)	13.66	13	13.4

El cuadro anterior nos presenta el resultado al aplicar medidas estadísticas de tendencia central para los datos obtenidos en los puntos de muestreo. Los resultados presentaron una gran variación entre si. El valor más alto lo presenta Hacienda Hoja de Sal con promedios de 13.66, por su parte Puente Jalponga presentó el promedio más bajo con 10.66. La mediana se mantuvo constante para Caserío Concepción Jalponga y Caserío Santa Rita, presentando un pequeño aumento en Hacienda Hoja de Sal de 2 puntos, mientras que disminuye 2 puntos en Puente Jalponga. Los valores asignados por el estadístico de Media Geométrica

muestran que siempre Hacienda Hoja de Sal tiende a ser el mayor valor y Puente Jalponga el menor.

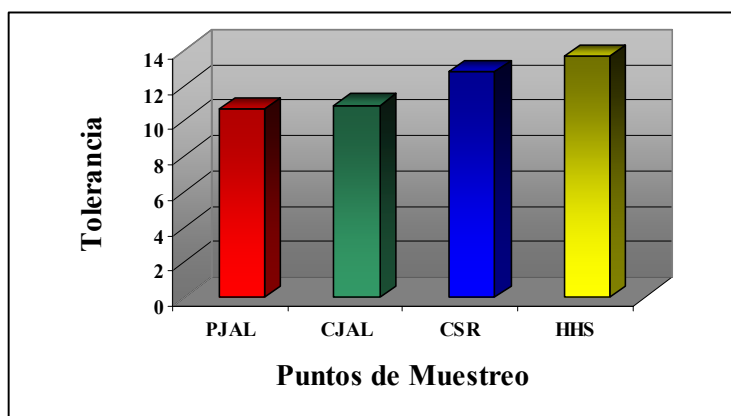


Fig. 4. Promedios de los totales de tolerancia obtenidos en los puntos de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007.

La figura 4 presenta la tendencia general de los valores de tolerancia de las familias encontradas para cada punto de muestreo. El valor tiende a crecer en Hacienda Hoja de Sal, ese valor caracterizara al punto según la tabla de valoración del índice BMWP.

Cuadro 12. Estadísticos de tendencia central aplicados a los totales de tolerancia en los puntos referenciales en el período de Marzo-Abril 2007

SITIO	PROMEDIO	MEDIANA	MEDIA GEOMETRICA
APA (PR2)	38	38	38
BE (PR1)	19	19	19

En el cuadro 12 se muestran los resultados de la aplicación de estadísticos de tendencia central, a los totales de tolerancia obtenidos para los puntos referenciales, presentan variaciones entre los sitios de muestreo con mayor distancia entre si. La variación para cada punto no señala ninguna diferencia significativa en el periodo de los meses de Marzo-Abril 2007, sin embargo comparando ambos puntos si existe una diferencia significativa

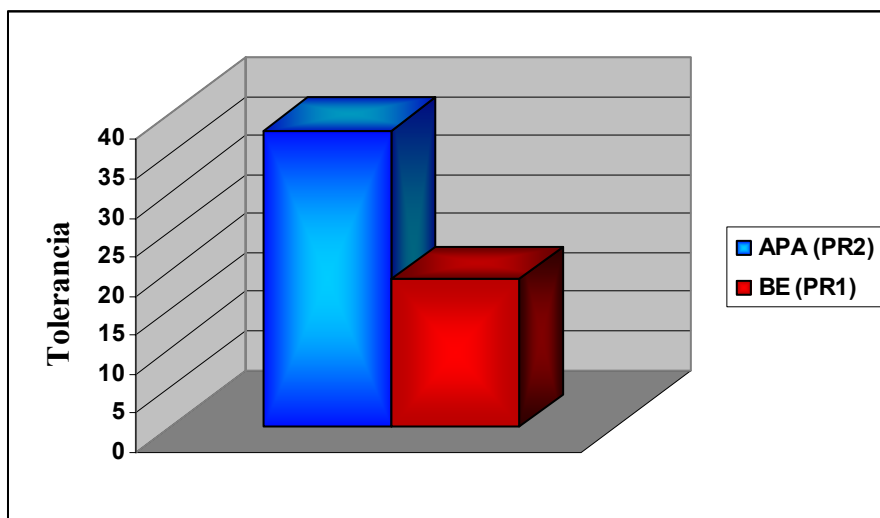


Fig. 5. Promedios de los totales de tolerancia obtenidos en los puntos referenciales en el período de Febrero-Abril 2007.

El promedio de los totales de tolerancia aplicados a los puntos referenciales señalan que el valor más alto obtenido de la sumatoria de todas las familias encontradas ocurrió en Apanta siendo un total de 38, como se puede apreciar en la Fig. 5.

Cada orden Taxonómico funciona como indicador biológico de procesos que pueden estar sucediendo en los ecosistemas acuáticos.

Tabla 5. Proceso bioindicado para cada punto de muestreo con respecto a los órdenes taxonómicos encontrados en todos los sitios de muestreo durante el período de Febrero-Abril 2007.

ORDEN TAXONOMICO	PROCESO BIOINDICADO SEGÚN PINILLA A. (2006)	PUNTO DE MUESTREO
Diptera	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas limpias hasta muy contaminadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Caserío Santa Rita
Megaloptera	<ul style="list-style-type: none"> • Limpias a moderadamente contaminadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente Jalponga • Caserío Santa Rita • Hacienda Hoja de Sal • Borda de Escuintla
Odonata	<ul style="list-style-type: none"> • Limpias a ligeramente contaminadas • Aguas lénticas 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente Jalponga • Caserío Concepción Jalponga • Hacienda Hoja de Sal • Borda de Escuintla • Apanta
Hemiptera	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas lénticas • Oligomesapróbicas 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente Jalponga • Caserío Concepción Jalponga • Caserío Santa Rita • Hacienda Hoja de Sal • Borda de Escuintla • Apanta
Coleoptera	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas limpias • aguas turbias 	<ul style="list-style-type: none"> • Puente Jalponga • Caserío Concepción Jalponga • Caserío Santa Rita • Hacienda Hoja de Sal • Borda de Escuintla • Apanta
Decapoda	<ul style="list-style-type: none"> • Aguas limpias • Aguas corrientes 	<ul style="list-style-type: none"> • Caserío Santa Rita • Hacienda Hoja de Sal

La tabla 5 nos indica los procesos que ocurren en cada punto de muestreo descrito por su respectivo orden taxonómico funcionando como bioindicador.

6.7. ÍNDICES DE CALIDAD

Para los promedios de las concentraciones de coliformes totales, se establece la comparación de los resultados, con la norma salvadoreña (CONACYT, ICS 13,060,1996). Se puede apreciar que la concentración de coliformes totales sobrepasa los límites permisibles.

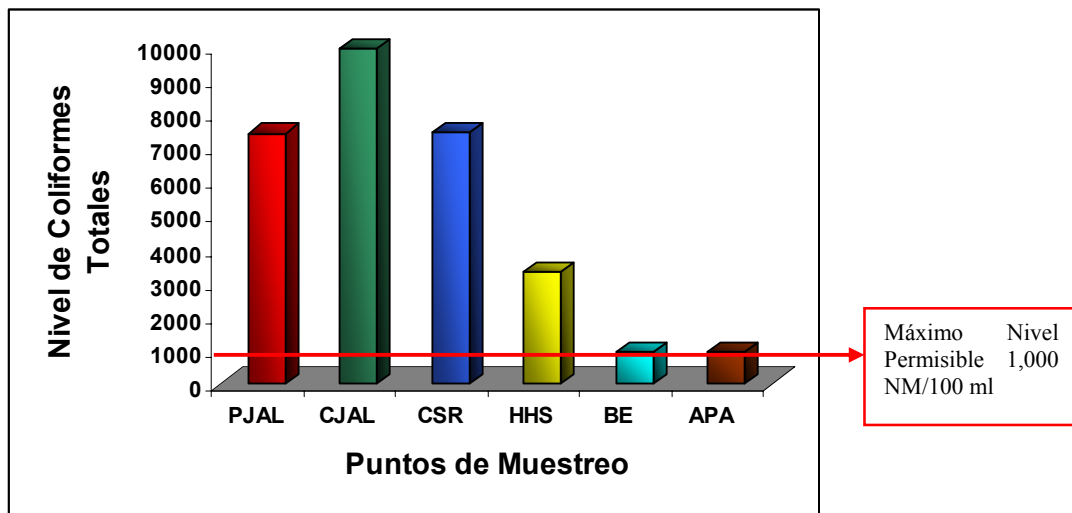


Fig. 6. Niveles de coliformes totales comparados con la norma salvadoreña de calidad de aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.

A continuación se presenta la ubicación de los totales de tolerancia obtenidos para los puntos de muestreo con su debido criterio de calidad biológica según el índice BMWP.

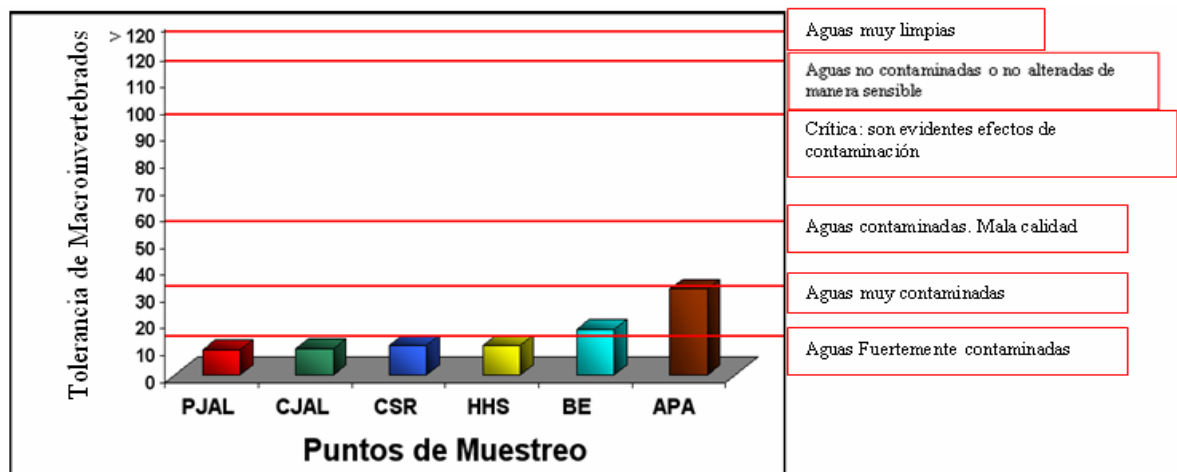


Fig. 7. Totales de tolerancia para los puntos de muestreo ubicados en su respectiva categoría de calidad biológica.

La figura 7, nos indica que los totales de la tolerancia de los macroinvertebrados obtenidos en el período de Febrero-Abril 2007, ubican al Río Jalponga en la categoría de aguas “frecuentemente contaminadas”.

6.8. ANÁLISIS DE CORRELACIÓN

Para analizar la similitud se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson r para ambos indicadores de contaminación: Tolerancia de Macroinvertebrados (BMWP) y Método del Número Más Probable (NMP).

El coeficiente de correlación de Pearson r , es una prueba estadística para analizar la relación entre dos variables medidas en un nivel por intervalos o de razón. Puede establecerse teóricamente la existencia de una variable independiente (X) y una dependiente (Y), el resultado de la prueba sólo señala la tendencia de la asociación de dos conjuntos de números.

Cuadro 13. Coeficiente de correlación r entre los promedios de tolerancia de macroinvertebrados y los niveles de contaminación fecal (NMP/100ml)

MUESTREO	PROMEDIO DE DATOS BMWP	PROMEDIO DE DATOS NMP
1	10.66	8500.3
2	12.23	5880.54
3	16.77	5480.5
Coeficiente de Correlación r:	-0.70	

El cuadro 13, muestra el valor del coeficiente de correlación el cual es de -0.70, el cual debe de entenderse como una correlación negativa entre las categorías media y considerable con un nivel de significancia $s = 0.001$.

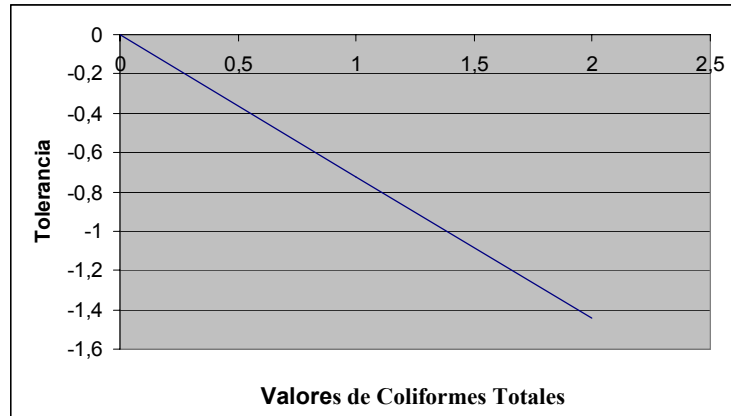


Fig. 8. Curva que mejor se ajusta al coeficiente de correlación entre los valores de contaminación fecal (NMP/100ml) y los valores de Tolerancia obtenidos en el período de Febrero-Abril 2007.

La figura 8, muestra la curva que mejor se ajusta al coeficiente de correlación entre el conjunto de datos de contaminación fecal y la tolerancia de los macroinvertebrados. Donde se puede apreciar, que a medida que la concentración de coliformes aumente en 1, el total de la tolerancia disminuirá en un -0.30. Por ser una correlación negativa entre media y considerable, la curva se vuelve una recta siguiendo hasta $-\infty$ comenzando en 0.

VII. DISCUSION

El río Jalponga es uno de los principales afluentes que desembocan en El Estero de Jaltepeque, este último según Cordero & Nolasco (2005) considerado, una de las fuentes hídricas de mayor importancia en todo El Salvador; debido a las ventajas tanto económicas como ecológicas que presenta. El río Jalponga es un ecosistema expuesto a constantes presiones antropogénicas producto de una gran variedad de usos, lo que conlleva a la pérdida de la calidad del agua del mismo, desencadenando en la contaminación de los demás ecosistemas relacionados.

Para el análisis de calidad de agua del río Jalponga, se logró identificar la fuente contaminante principal la cual se denominó “Cloaca”. Este lugar es una poza de oxidación que funciona como receptor de todas las aguas servidas de la ciudad de Santiago Nonualco, convirtiéndose luego en uno de los afluentes de la cuenca principal del río Jalponga (Ver Anexo 17).

En el cuadro 1. Se exponen los resultados de las mediciones, realizadas durante los meses de Marzo-Abril 2007. El mayor valor de dureza fue reportada para el punto “Cloaca”, con un promedio de 56.5 mg/L. Este parámetro nos refleja, como las descargas de aguas residuales sin tratamiento pueden afectar los cuerpos de agua naturales desde un punto de vista físico-químico. Según Moss, (1988), la dureza del agua puede ser un factor delimitante en la calidad del recurso agua. Este parámetro puede afectar grandemente la biota, por su relación con la carga contaminante, ya que mientras las aguas sean más “duras” los organismos que las habiten tendrán que presentar adaptaciones especializadas que aseguren su éxito reproductivo en este ecosistema.

Para los parámetros de temperatura y velocidad, la temperatura puede ser afectada por una gran diversidad de factores. Pero sí delimita el proceso de depuración natural por ser un factor que define la disposición de agua en un ecosistema debido al ciclo hidrológico. A medida que la concentración de contaminantes incrementa por menor disponibilidad de agua, más tiempo toma al ecosistema descomponer e incorporar a los mismos. (Hernández, 1994).

Para el caso específico del punto “Cloaca” la temperatura no causa mayores efectos puesto que 24°C no es un rango de temperatura que cambie la estructura química del agua. Este parámetro se encuentra altamente ligado a la hora en que se realizaron los muestreos en este punto particular, en ambos meses fue en el lapso de 14:00-15:00 hrs.

La velocidad sí muestra mucho interés para este estudio debido a que la fuente contaminante principal fue diseñada como una poza de oxidación, es decir un sistema de tratamiento de aguas residuales. Debido a un mal diseño y manejo esta poza presenta grandes deficiencias en lo que al posible tratamiento de agua se refiere, el parámetro de la velocidad del agua nos lleva a esta aseveración. Las pozas de oxidación deben de permitir que el agua, entre en contacto cierta cantidad de tiempo con la radiación solar que es capaz de eliminar algunos agentes patógenos, así como debe de permitir una oxigenación adecuada del agua. (Brock, *et al.* 1995).

El punto “Cloaca” presenta agua muy saturada de contaminantes lo que hace que la difusión del oxígeno sea más difícil. Presentando una velocidad de descarga muy “rápida” con un valor de 1.54m/s que es lo mismo decir 5.54km/hr. Esta velocidad no permite que la radiación solar actúe a un nivel apropiado, además de no contribuir con la difusión del oxígeno debido a la carga contaminante que el agua presenta (ver cuadro 1).

La descarga de coliformes realizada por el punto “Cloaca”, sobrepasa los límites permisibles que establece la norma salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor (CONACYT, ICS 13,060,1996), mostrando en el período de Marzo-Abril 2007 concentraciones arriba de 11000 NMP/100ml, en el estudio no fue necesario hacer más diluciones por tratarse de aguas residuales. (Ver anexo 18).

Para el análisis de calidad biológica basado en la tolerancia de macroinvertebrados, no fue posible realizar ninguna medición, ya que por las condiciones de riesgo del lugar no fue posible aplicar la metodología de colecta de macro invertebrados propuesta por Tercedor & Prat, (1992).

En cuanto a las características organolépticas, según Moura *et al* (2005), estas deben de cumplir un parámetro general si se desea utilizar el agua para consumo humano. Para los datos obtenidos en la (tabla 3), las características organolépticas de los puntos de muestreo fueron inadmisibles en los sitios más próximos a la fuente contaminante principal “Cloaca”. En este caso para “Puente Jalponga”, los resultados reflejan que es el punto más intervenido, ya que esta zona se utiliza como lavadero y es el más frecuentado por el turismo debido a su fácil acceso. Además de ser el más cercano al punto “Cloaca” en dirección a la corriente. Por otra parte el “Caserío Concepción Jalponga” esta ubicado a unos 11 km. aproximadamente de la fuente contaminante principal. Debido a la presencia de núcleos poblacionales es que este punto no presenta mayor diferencia con “Puente Jalponga”.

Los resultados de la tabla No 3, demuestran que sin importar que “Caserío Concepción Jalponga” carezca de construcciones antropogénicas. Los efectos de contaminación provenientes de la fuente contaminante principal continúan siendo evidentes. Según portillo (2003), la auto depuración de los ecosistemas permite que recuperen sus características originales. Es por esta propiedad de los ríos, que los puntos “Caserío Santa Rita” y “Hacienda Hoja de Sal” reestablezcan las características organolépticas originales del agua. Es decir mientras más se alejen del foco de contaminación (“Cloaca”) la depuración natural tendrá mayor efecto. “Caserío Santa Rita” a pesar de estar muy cerca de un puente vehicular es una zona poco transitada.

Para el punto referencial “Borda de Escuintla” se observó que las características organolépticas eran aceptables probablemente a que dista a más de 30 Km. aproximadamente de la fuente contaminante principal “Cloaca” y es de muy difícil acceso para: vehículos, turistas y habitantes de la zona. (ver tabla 2)

El punto referencial de “Apanta” no se ve afectado por los vertidos residuales de “Cloaca” ya que esta en dirección opuesta a la corriente (ver tabla 2). A pesar de que estos puntos si presentan actividad de origen antropogénico y en el caso específico de “Borda de Escuintla” usos agrícolas, la auto depuración se hace evidente desde el punto de vista de sus características organolépticas, sumado que los asentamientos poblacionales se encuentran alejados del cauce del

río en estas áreas y los usos que se le dan al agua no son significativos. Los resultados de la tabla No.3, demuestran que mientras más alejado este el cauce del río de la fuente contaminante principal “Cloaca”, los efectos de la auto depuración serán más notables y el recurso recupera las características organolépticas naturales.

Los parámetros físico-químicos del agua presentan relación con la calidad del agua del sitio analizado. Para el parámetro de dureza, en síntesis según la clasificación de aguas propuesta por Harrys, (1999), el agua del río Jalponga esta constituido por aguas “levemente duras”, ya que ningún sitio de muestreo ni el punto “Cloaca” sobrepasaron el nivel de dureza para esta categoría.

Para Moss, (1988) la dureza de aguas corrientes depende del tipo de material que constituya el lecho, pero se puede ver afectado por descargas y productos lixiviados. El ecosistema del río Jalponga acorde a los resultados obtenidos de dureza, refleja que las presiones antropogénicas y los usos agrícolas no han logrado cambiar sus características originales. Esta condición es posible ya que el lecho del río Jalponga no aporta suficientes productos de erosión y que los niveles registrados sean por las aguas residuales y los productos lixiviados.

La temperatura del agua nos da una idea del gradiente de concentración presente con respecto a sólidos disueltos en el agua. Para este parámetro no se encuentra mayor influencia ya que esta delimitado por una gran cantidad de factores no de origen antropogénico ya que esta zona no es industrial.

La velocidad del agua representa el tiempo con la que un volumen de entrada recorre una distancia. Según Dufour, (1986), la velocidad de la corriente contribuye en el proceso de difusión de oxígeno atmosférico a los cuerpos de agua. Como se muestran en los cuadros 2 y 3, los sitios de muestreo más “rápidos” son “Apanta”, “Borda de Escuintla”, “Puente Jalponga” y “Caserío Santa Rita”. Para el caso de “Apanta” y “Puente Jalponga” esta rapidez se debe al hecho que en su geomorfología se desarrollan sistemas de “rápidos” en medio de las rocas lo que acelera el flujo del agua. Para el punto “Caserío Santa Rita” se forman rápidos también pero debido a un puente vehicular que pasa sobre el punto. En “Borda de Escuintla” el factor que contribuye es la suma de las velocidades de dos ríos el Jalponga y el Río Amayo.

El cuadro No.4 nos muestra las concentraciones de coliformes totales obtenidas para los puntos de muestreo. Podemos observar que comparando “Puente Jalponga” que es el punto más cercano a la fuente contaminante principal las concentraciones no fueron tan altas como para “Caserío Concepción Jalponga”. Las concentraciones que se obtienen mediante el cálculo de la mediana, nos indican que los puntos de “Puente Jalponga” y “Caserío Concepción Jalponga” no varían en su concentración, es probable a que en algún momento de los muestreos los vertidos del punto “Cloaca” experimentaron una disminución. Según Doufor & Ballentine (1986) las bacterias coliformes obedecen a descargas fecales y no son propias de estos ecosistemas, por eso observando los datos del cuadro No.4, apreciamos que para “Puente Jalponga” los valores obtenidos durante el primer mes disminuyen en el Sub-punto 1. Para el muestreo 2 en “Puente Jalponga” la disminución si es significativa ya que se da en la zona del Centroides donde según el PLADMAR (1982) es donde las aguas que llegan se mezclan de mejor manera, sucediendo el mismo fenómeno en “Caserío Concepción Jalponga” donde el fenómeno se repite en el segundo mes donde se registra la menor concentración de coliformes para este punto con un valor de 520 NMP/100ml.

La variación del valor del NMP entre “Puente Jalponga” y “Caserío Santa Rita” demuestra que estos puntos a pesar de que se ubican a 11 km de distancia no presentan diferencias significativas entre ellos. Acorde a los estudios de Portillo,(2003) quien concluye que la urbanización, la industrialización y la falta de educación ambiental contribuyen a un aumento desmesurado de contaminantes en el recurso hídrico.

Podemos asumir que la carga microbiana se ve favorecida por las presiones antropogénicas y la cercanía de los núcleos poblacionales a estos puntos de muestreo. Factor que ocasiona que se regrese a las concentraciones iniciales de “Puente Jalponga”.

Comparando “Puente Jalponga” con “Hacienda Hoja de Sal”, las concentraciones presentan una disminución muy significativa, esta disminución se puede ver en los estadísticos de tendencia central (ver cuadro 5). Para el promedio de valores la concentración de “Puente Jalponga” fue de 7430

NMP/100ml, mientras que para “Hacienda Hoja de Sal” fue de 3320.67 NMP/100ml, demostrando una diferencia de 4100 NMP/100ml. Para el Valor de la mediana Para “Puente Jalponga” fue de 11000 NMP/100 ml mientras que para “Hacienda Hoja de Sal” fue de 2400 NMP/100ml una diferencia de 7600 NMP/100ml. Comparando los valores asignados por la media geométrica para “Puente Jalponga” se obtuvo un valor de 5380.5 NMP/100ml, para “Hacienda Hoja de Sal” se asignó un valor de 2310 NMP/100ml siendo una diferencia de 3070,5 NMP/100ml. Estos valores demuestran que el Río Jalponga probablemente presenta el mecanismo de auto depuración con respecto de su carga bacteriológica de origen fecal.

Con respecto a las concentraciones de coliformes totales para los puntos: “Caserío Concepción Jalponga”, “Caserío Santa Rita” tenemos que: En “Caserío Concepción Jalponga” el factor limitante que impide la reducción exitosa de las concentraciones de Coliformes totales fue el hecho de la baja velocidad con que el agua fluye. Se concentran causa de la construcción de una represa artesanal la cual los lugareños diseñaron para usar el agua como regadíos de cultivo, además de que esta zona presenta una alta incidencia ganadera. Comunicación personal².

“Caserío Santa Rita” no presenta disminución significativa debido a la alta presión antropogénica, ya que los núcleos poblacionales están muy cercanos a la cuenca y el agua es utilizada como lavadero.

Para los puntos referenciales “Borda de Escuintla” y “Apanta” representados en el cuadro No.5, podemos evidenciar que ambos sitios de muestreo presentaron los mismos niveles de coliformes. Siendo estos los puntos más alejados entre si es un hecho que posiblemente se deba a que el río Jalponga se encuentra expuesto a una frecuente contaminación de origen enterobacteriano, la contaminación no puede ser considerada únicamente de origen humano, ya que estos puntos nos permite comparar prácticamente todo el recorrido del Jalponga donde hay zonas de difícil acceso y no se evidencian núcleos poblacionales en las zonas aledañas aunque si existe una actividad ganadera en la zona.

² Israel Arévalo, habitante de la comunidad Concepción Jalponga.

Otro hecho a considerar es la posible presencia de una fuente contaminante mucho mayor que “Cloaca” situada próxima a los orígenes de este río y que el punto “Cloaca” solo contribuya a que esta contaminación aumente a lo largo de los 32 km analizados del río.

Ya que las concentraciones de “Apanta” se conservan igual que las del punto “Borda de Escuintla” podemos determinar que la descarga del río Amayo no contribuye en los niveles de contaminación fecal presentes en el río Jalponga.

De la Comparación de los puntos “Borda de Escuintla” y “Apanta” se determina que la zona ya cuenta con niveles de contaminación enterobacteriana muy elevados. Este nivel se hace evidente en todos los cuerpos de agua de la zona, lo cual es un parámetro para deducir que las aguas subterráneas también se encuentran contaminadas por la presencia de coliformes.

Para los valores obtenidos de la tabla No 4, tenemos que durante todo el muestreo se logró coleccionar un total de 16 familias taxonómicas dando un total de 117 individuos coleccionados para todos los sitios de muestreo en el período de Febrero-Abril 2007. En la misma tabla se muestran también los valores asignados a su tolerancia por Tercedor & Sánchez, (1988). Esta valoración es la utilizada en los estudios realizados por Prado, (2004) y Sagastizado, (2001). La presente ponderación de tolerancia es la más adaptada para estas latitudes y ha demostrado tener más exactitud que la valoración realizada por Hellawell, (1978). Podemos ver que esta validación es la más propicia al evaluar sistemas de aguas basado en calidad biológica reflejada por las comunidades de macroinvertebrados.

En la figura No.3, nos demuestra que la proporción de la abundancia fue encabezada por la familia Amphyterigidae perteneciente al orden Odonata conocidas comúnmente como “libélulas”. En segundo lugar fue de la familia Guerridae perteneciente al orden Hemiptera comúnmente llamadas “chinches de agua”. Estos macroinvertebrados poseen amplios niveles de tolerancia, por eso su puntuación es baja.

Según Roldán (2003), las familias que presentan amplios márgenes de tolerancia predominaran ante una perturbación y ocupan el espacio libre dejados en el ecosistema. Como podemos apreciar en la tabla No.2 todos los puntos de muestreo presentan cierto nivel de perturbación, es por eso que la mayor cantidad

de individuos por familia son considerados por los parámetros antes mencionados como “tolerantes”. La relación entre las familias encontradas con una tolerancia valor 3, superan por más de la mitad a las de valores entre 4 a 9. En el caso de Amphyterigidae (3) comparada con Libellulidae (9) ambos del orden Odonata, la proporción de individuos colectados es dos veces mayor.

Los niveles de tolerancia reflejados por la existencia de comunidades de macroinvertebrados para todos los sitios de muestreo no presentaron diferencia significativa.

Comparando “Puente Jalponga” que es el punto con el segundo valor más bajo según los promedios con “Hacienda Hoja de Sal” que es el de promedio más alto de todos los puntos de muestreo ver cuadro No.10, es evidente la tendencia de que las comunidades de macroinvertebrados aumentan a medida nos alejamos de la fuente contaminante principal, pero este valor según la significación de valores del B.M.W.P. ambas están consideradas “*aguas frecuentemente contaminadas*”, presentando una calidad biológica “crítica”. Por lo que podemos evidenciar que entre este tramo de los puntos de muestreo, existen más factores que afectan a las comunidades de macroinvertebrados, he de aquí su importancia como biosensores de perturbación.

Para “Caserío Concepción Jalponga” los promedios de tolerancia comparada con los de “Puente Jalponga” no presentaron mayor variante. Este fenómeno posiblemente se deba a que la zona de “Caserío Concepción Jalponga”, presentó las características organolépticas más inadmisibles, factor sumado al comportamiento “lento” del agua de este punto. Factor que influye mucho en el hecho de que esta agua es muy poco oxigenado. Para los macroinvertebrados es un factor muy limitante la presencia de oxígeno en el agua, este punto al estar tan estancado no permitió que el agua se oxigenara adecuadamente y que las comunidades de macroinvertebrados se desarrollaran.

“Puente Jalponga” a pesar de estar más cerca de la fuente contaminante principal, fue más apto debido al sistema de “rápidos” que su geomorfología le confiere, es visible que el efecto de una mala oxigenación del agua influye mucho en las comunidades de macroinvertebrados.

La igualdad entre los puntos “Puente Jalponga” y “Caserío Concepción Jalponga”, demuestran la alta sensibilidad que los macroinvertebrados presentan, es por esto que inclusive los totales de tolerancia experimentan un leve descenso en “Caserío Concepción Jalponga” ya que las condiciones en orden con los demás parámetros medidos empeoran.

Para “Caserío Santa Rita”, los valores experimentan un aumento comparado con “Puente Jalponga”. Para las condiciones que reúne “Caserío Santa Rita” este aumento no es significativo, ya que se ubica a una distancia del punto “Cloaca” cinco veces mayor que “Puente Jalponga”, además de contar con una misma velocidad. Este sitio es el más intervenido por presiones antropogénicas, el hecho que cuente con un puente vehicular y sea utilizado como lavadero, deteriora su calidad y no permite que la auto depuración natural de los ecosistemas influya mejorando su calidad biológica.

El aumento del promedio de los totales de tolerancia reflejados entre “Caserío Concepción Jalponga” y “Caserío Santa Rita”, no representa mejora significativa, ya que entre ambos puntos existe una diferencia de cuatro kilómetros a pesar de que el total de tolerancia aumente en 1.11 ver cuadro No.10 comparado con esta distancia de recorrido y sumando el factor de oxigenación del agua no puede considerarse que las condiciones mejoren. Este fenómeno en gran medida es afectado por la presión antropogénica debido a que “Caserío Santa Rita” es la zona con más presión antropogénica, los núcleos poblacionales en este punto rodean la cuenca. Se debe tomar en cuenta también la construcción del puente vehicular. Este factor contribuye con la llegada de turistas al área lo cual es la limitante del desarrollo de las poblaciones de macroinvertebrados. Asumimos entonces que por esta razón no cambia de clasificación de “*aguas frecuentemente contaminadas*” y con una calidad biológica “*critica*”.

Comparando “Caserío Concepción Jalponga” con “Hacienda Hoja de Sal”, a pesar que “Hacienda Hoja de Sal” presente los totales más elevados, no concluye que su calidad biológica mejore. Desde un punto de vista más general “Hacienda Hoja de Sal” con los promedios más altos y “Caserío Concepción Jalponga” con los más bajos ambos se ubican en la misma clasificación de “*aguas frecuentemente contaminadas*” con una calidad biológica “*crítica*”.

Los puntos referenciales de “Apanta” y “Borda de Escuintla”, si presentan un cambio comparado con los puntos de muestreo. Para “Borda de Escuintla” el valor de los totales de tolerancia se incrementan y el B.M.W.P aumenta en una categoría (ver cuadro 12).

El punto referencial “Borda de Escuintla” es un punto que reúne una serie de condiciones apropiadas para el desarrollo de los macroinvertebrados. Pero según la significación de valores del B.M.W.P. la calidad biológica del agua no señala posibilidades de uso para consumo humano presentando con un promedio general de 19 (ver cuadro 12), con un significado del B.M.W.P. de “*aguas muy contaminadas*” con una calidad de agua categorizada como “*critica*”. Si evaluamos la distancia de los puntos de muestreo con la fuente contaminante principal quiere decir que para “Puente Jalponga” y “Borda de Escuintla” entre los cuales hay una distancia alrededor de 27Km, el B.M.W.P. solo ha experimentado un aumento de 9 puntos.

En términos generales podríamos decir que este valor es muy bajo, ya que en refiriéndonos a la tolerancia de macroinvertebrados podría estar representado solo por una familia. Esto quiere decir que en relación a la distancia se necesitarían 303Km más de recorrido, para que el agua entre en la categoría de “*buena*” y sea apta para el consumo humano por lo que se asume que el río no reúne las cualidades del agua necesarias para que las comunidades de macroinvertebrados se desarrollen.

Los valores del cuadro No.12, muestran que el punto referencial de “Apanta” confirma que a lo largo de la cuenca del Jalponga los efectos de contaminación enterobacteriana repercuten significativamente sobre las poblaciones de los macroinvertebrados, ya que el punto “Apanta” que no se ve afectado por los efectos contaminantes de “Cloaca” por que esta dispuesto en contra de la corriente. Los valores del B.M.W.P. para el punto “Apanta” alcanzan los promedios más altos registrados para todos los sitios de muestreo en el periodo de Marzo-Abril 2007.

En general para el punto referencial de “Apanta” presenta un significado del B.M.W.P. de “*aguas contaminadas*” con una calidad de agua categorizada como “*dudosa*”. Con propósitos de comparación con los demás sitios de

muestreo, la calidad biológica del agua del punto “Apanta” se incrementa en dos categorías, pero aun no son parámetros de agua deseables pero si es posible que mediante la aplicación de técnicas de purificación, el agua del punto “Apanta” pueda consumirse.

Acorde a los estudios realizados por Pinilla, (2006) la calidad de las cuencas hidrográficas puede describirse a partir de ordenes taxonómicos de macroinvertebrados, ya que estos bioindican procesos que ocurren en el ecosistema. Como se puede apreciar en la tabla No. 5, los órdenes taxonómicos encontrados en el periodo de febrero hasta el mes de Abril 2007. Para “Puente Jalponga” se puede evidenciar que son aguas con las características siguiente: turbias, oligomesosapróbicas (Materia en descomposición a media escala), moderadamente contaminadas. Para “Caserío Concepción Jalponga” los procesos que se indican con sensores biológicos son: aguas moderadamente contaminadas, lénticas, oligomesosapróbicas y aguas turbias. “Caserío Santa Rita” por su parte presentó las características siguientes: desde limpias hasta muy contaminadas, turbias y oligomesosapróbicas.

“Hacienda Hoja de Sal” presentó las características siguientes: mesosaprobicas, desde muy limpias hasta muy contaminadas y aguas corrientes. El punto referencial de “Borda de Escuintla” presentó como características según la valoración de la tabla No.5 lo siguiente: aguas corrientes y de limpias hasta muy contaminadas. Para el punto “Apanta” se encontró la característica de: aguas desde muy limpias hasta muy contaminadas. Esta forma de clasificar a los ecosistemas lénticos puede ser muy funcional si no se cuenta con conocimientos necesarios de clasificación taxonómica.

La aplicación de dos índices de contaminación basados en bioindicadores, nos permite evaluar si el sistema se encuentra en condiciones aceptables de uso con una perspectiva más amplia.

Los valores de coliformes totales en el agua (ver figura 6) presentó la misma tendencia a incrementarse en la cuenca media. El agua del río Jalponga sobrepasa los límites permisibles de la norma salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor (CONACYT , ICS 13,060,1996). La

norma establece un máximo permisible de 1100NMP/100ml. Pero contrastado con La norma Salvadoreña obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua Potable (Ver anexo 19). El limite máximo permisible es de 1.1NMP/100ml, por consiguiente el agua del río Jalponga no es potable. Así mismo no es utilizable para otros fines como recreativos lo cual los valores de calidad obtenidos demuestran que estas actividades no pueden llevarse a cabo. En la región comprendida entre los puntos “Hacienda Hoja de Sal” y “Borda de Escuintla” y en la parte norte en la región de “Apanta” donde también se evidencia una muy alta contaminación enterobacteriana es necesario la aplicación de sistemas de tratamientos de agua, aprovechando que estas zonas no son muy concurridas por su difícil acceso pueden funcionar como puntos clave para normalizar los niveles de contaminación fecal de la cuenca del Jalponga, evitando que estos niveles lleguen tal cual al Estero de Jaltepeque contaminándolo.

Como se puede apreciar en la figura 7, los puntos de muestreo reflejan grandes efectos de contaminación ubicando la calidad de agua del río Jalponga en la categoría de “aguas *frecuentemente contaminadas*” con una calidad biológica “*crítica*”. Factor que es demostrado ya que en todos los puntos se encontró una elevada contaminación de origen fecal y presiones antropogénicas deteriorando la calidad del recurso, sin embargo los niveles de contaminación se ven más afectados en la cuenca media que en las zonas más cercanas al nacimiento y desembocadura.

Para Sagastizado, (2001) quien evaluó el impacto que tiene el uso de la tierra en la calidad del agua de la subcuenca del río Talnique ubicado en el Departamento de La Libertad, determinó que los niveles de contaminación son mayores en la parte media del río así como en zonas aledañas a poblaciones como: cantones y caseríos. Mientras que en zonas aledañas a la desembocadura y nacimiento los niveles se normalizan y la biodiversidad de invertebrados acuáticos es mucho mayor.

En el cuadro No. 13 se puede apreciar el coeficiente de correlación entre ambos índices de contaminación. Este coeficiente es una comparación matemática entre el conjunto de datos obtenidos para el índice B.M.W.P y los niveles de coliformes totales. Para realizar este análisis se tomaron en cuenta todos los resultados obtenidos en el período de Febrero-Abril 2007 de todos los sitios de

muestreo a excepción de los resultados del punto “Cloaca” ya que no pertenece a la cuenca del Jalponga de manera natural.

El coeficiente de correlación tiene el valor de -0.70 con un nivel de significancia de 0.001. lo que según Sampieri, . *et al* (1998), indica que entre los conjuntos de datos existe una correlación negativa entre las categorías media y considerable a un nivel de confianza de 95%.

Por definición teórica se asigna la condición de variable independiente a los valores de la concentración de coliformes totales, ya que las poblaciones de estas bacterias obedecen a descargas que hacen otras fuentes sobre la cuenca, es decir las coliformes no se ven afectadas por las condiciones del río, más bien su presencia altera las condiciones del ecosistema. En el caso de los macroinvertebrados sus comunidades y nichos si pertenecen a los ríos, sugieren que las condiciones o los factores que afecten la calidad del río afectaran por consiguiente a las comunidades de macroinvertebrados, debido a esta condición y con propósitos matemáticos se les considera como la variable dependiente.

Con el valor del coeficiente de correlación de Pearson r , se establece que ambos indicadores biológicos de contaminación no pertenecen a los mismos ecosistemas de forma natural puesto que tienen una correlación negativa. Esto se explica ya que la contaminación por coliformes indica la presencia de materia orgánica, que sirve como sustrato a otros grupos bacterianos. Las coliformes son un grupo de bacterias aerobias facultativas y estas disminuyen la disponibilidad de oxígeno, elemento que es vital para los macroinvertebrados.

Acorde Prado, (2004), las familias de macroinvertebrados son susceptibles a los niveles de contaminantes orgánicos e inorgánicos, confirmando su potencial como indicadores de contaminación.

El valor de -0.70 se debe interpretar como: mediante la variable independiente X = (concentración de coliformes totales), se incrementa en 1; la variable dependiente Y = (totales de la tolerancia de macroinvertebrados) se vea disminuido en un valor de 0.30.

En la figura No.8 se aprecia la curva que mejor explica esta condición, la cual es una recta proporcional que nace de 0 con orientación hasta $-\infty$.

El índice B.M.W.P presenta ventajas al momento de evaluar la calidad de un cuerpo de agua sobre parámetros como índice de Brown o el NMP, ya que estos índices no describen el comportamiento de un ecosistema a largo plazo y en el caso del NMP no aplica para aguas con influencia de Cloro (ClHCO), con lo cual se podría determinar erróneamente las aguas como limpias. Además debido a que las comunidades tardan en recuperar su población normal, se exige por las condiciones del mismo índice que se hagan monitoreos por plazos más largos entre 1 y 1.5 meses, factor que permite que la auto depuración actúe sobre el ecosistemas por más tiempo. Una de las grandes desventajas que presenta el B.M.W.P. es que no determina el tipo de contaminación ni tampoco puede cuantificarse. Como desventaja también tenemos que presenta una pequeña exigencia de conocimientos de taxonomía de invertebrados. Por estas razones el análisis de calidad de agua debe tomar en cuenta tres factores físico-químicos, microbiológicos y la calidad biológica del agua, para lograr llegar a una respuesta exacta o completa y así poder determinar la mejor solución a la problemática ambiental.

VIII. CONCLUSIONES

Los sitios de muestreo presentaron diversas características organolépticas del agua, así como: diversas intervenciones antropogénicas, usos que se le dan al recurso y asentamientos urbanos ubicados en las zonas aledañas.

La distancia de recorrido que presentan los diversos sitios de muestreo marca significativamente, los efectos que la fuente contaminante principal “Cloaca” causa. En total la zona donde se realizó el estudio la constituyen aproximadamente unos 32 Km. a lo largo de la cuenca del Río Jalponga. Donde los puntos mas alejados entre si son los puntos referenciales, “Apanta” y “Borda de Escuintla”, los cuales reflejaron menores efectos de contaminación en relación a los promedios obtenidos de la aplicación del NMP y B.M.W.P.

Basándose en los promedios de los índices de calidad NMP y B.M.W.P., la hipótesis nula se rechaza estadísticamente concluyendo que con base a las mediciones realizadas, el agua del río Jalponga demuestra efectos de contaminación a lo largo de toda su cuenca.

Se demuestra que el punto “Cloaca” es la fuente contaminante principal de la zona, basándose en las altas concentraciones de Coliformes totales que se registraron para este sitio. Esto demuestra la diversidad de contaminantes que conducen las aguas domésticas y servidas, formando un caldo de cultivo bacteriano.

Se demuestra que en todos los sitios de muestreo existe contaminación enterobacteriana que sobrepasa los límites permisibles de las normas establecidas para el país, por lo tanto la calida microbiológica del agua para cada uno de los sitios es inadmisibile.

Se demuestra que la calidad biológica de cada uno de los sitios de muestreo evidencia efectos de contaminación no solo de origen enterobacteriano, caracterizando los sitios en: “*aguas frecuentemente contaminadas*” y con una calidad biológica “*crítica*”.

Se demuestra que la cuenca del Río Jalponga no presenta las condiciones necesarias para que exista una gran biodiversidad de macroinvertebrados, debido a los excesivos efectos de contaminación en total.

IX. RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar el término de calidad biológica en futuros estudios de calidad de agua, ya que presenta la ventaja de describir el comportamiento del recurso agua a un plazo mayor que los parámetros normalmente utilizados.

Rediseñar la fosa de sedimentación (utilizando sistemas de ventilación y filtros). Así como disminuir la velocidad de salida de las aguas vertidas con el fin de disminuir la concentración de coliformes y la proliferación de otros microorganismos.

Realizar estudios de impacto ambiental sobre la influencia que ejercen las zonas cañeras, otros cultivos y la actividad ganadera sobre la cuenca del río Jalponga.

Para futuros investigadores al momento de aplicar el BMWP se recomienda incluir entre sus resultados a los insectos voladores o rastros de otros insectos que no hayan sido colectados en la red manual, siempre y cuando estén contemplados en las guías de valoración recomendadas.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- American Public Health Association (APHA), 1986. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 16th ed., Am. Publ. Health Ass., Washington.
- Brock, T. D., Madigan, M. T., Martinko, J. M. & Parker, J. (1995).
Biology of Microorganisms, 7th edn. Englewood
- Campbell R. BSC, MSC, PHD, Departamento de Botánica Universidad Bristol,
Ecología microbiana, Editorial Limusa, México, 1987.
- Clark, R. B. 2001. Marine Pollution. 5^a Ed. Oxford University Press. 286 pp.
- Collins, C. H., Lyne, P. M., & Grange, J. M. 1989. Microbiological methods. Sixth edition. London. 407 Pp.
- Cordero, M. R. Nolasco, L. F. & Moran R. H. 2005. Diagnostico de la Calidad de Agua en Época Seca, en el Canal Principal del Río Jiboa y Propuestas de Mitigación.
- Custodio E. & Llamás M.R. 2003. "HIDROLOGIA SUBTERRANEA TOMO I, TOMO II." Ediciones Omega, SA. Barcelona.
- Dufour, A.P. & Ballentine, P. 1986. Ambient Water Quality Criteria for Bacteria (Bacteriological ambient water quality criteria for marine and fresh recreational waters). Washington, D.C. USEPA. 18 p. EPA A440/5-84-002.
- Ercilio Moura, F., Rodríguez, S. Cabel W. Sánchez, I. Noriega P. & Tejada, M. 2005. Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú. Editorial: Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú
- García, O, G & X, C, Muños.2001."Estudio de la contaminación del río San Antonio en Nejapa mediante análisis Físico-Químico y Microbiológico pp.

81. Tesis para optar al grado de licenciatura en Química y Farmacia en la Universidad de El Salvador UES.
- Harris, D. C. 1999. Quantitative Chemical Analysis. Editorial Freeman E.E. U.U.
- Harris D. C. 2004. Análisis Químico Cuantitativo 2ª edición, Ed. Reverte. E.E. U.U.
- Havelaar A, Blumenthal UJ, Strauss M, Kay D, Bartram J. 2001. Guidelines: the current position. In: Water Quality: guidelines, Standards and Health. Assessment of risk and risk management for water-related infectious diseases. Fewtrell L, Bartram J (eds.) IWA-Publishing, London UK, pp. 440.
- Hellawell, J. M.1978. *Biological surveillance of rivers*. Water Research Center. Stevenage.
- Helmer, R.; Hespanhol, I. y Silva, L.J. (1991). Public Health Criteria for the Aquatic Environment: Recent WHO guidelines and their application, *Water Science and Technology*, 24(2): 35-42.
- Hércules I, J; & D, L, Merlos, 2003. Evaluación del Grado de Contaminación en el Río Talnique y el Efecto de sus Afluentes Mediante la Aplicación de Índices de Calidad de Agua. Tesis para optar al grado de licenciatura en Química y Farmacia en la Universidad de El Salvador UES. . Pp. 111.
- Hernández, A. 1994. "Depuración de aguas residuales". CICCIP. Madrid.
- Klohn, W. Y Wolter, W. 1998. "Perspectives on food and water. Presented at the International Conference of Water and Sustainable Development", Paris, Mar. 19-21, p. 1-6.
- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). 2002. Reglamento de aguas residuales. San Salvador, El Salvador, C.A.

- Ministerio de salud Pública y Asistencia Social (MSPAS). 2006. Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.07.01.04 Agua. Agua Potable. San Salvador, El Salvador, C.A. (anexo 19)
- Moura F. E., Rodríguez Chávez S., Cabel Noblecilla W., Ortiz Sánchez I., Noriega Torero P. & Tejada Gamarra M. 2005. Desafíos del Derecho Humano al Agua en el Perú. Segunda edición. Lima, Perú.
- Moss, B. 1988. Ecology of freshwaters. man and medium. 5.11 Lowland river channels 2nd. Ed. Blackwell Scientific Publications.
- Oie S, Kamiya A, Hironaga K, Koshiro A. 1992. Microbial contamination of enteral feeding solution and its prevention. Am J Infect Control; 20: 202-5.
- OMS. 1998. Guías para ambientes seguros en aguas recreativas. Volumen 1: Aguas costeras y aguas dulces. Versión preliminar para consulta. Ginebra: OMS; 1998. Traducido en CEPIS, Lima, Perú.
- Ongley, E.D. 1997. Lucha contra la contaminación agrícola de los recursos hídricos Burlington Canadá. FAO.
- Organización Mundial para la Salud (OPS). 1992. Agua y Salud, Instituto Nacional de Higiene. Epidemiología y microbiología Cuba. Vol. 3 Pp.127.
- Pascual A. R. 1992. Microbiología Alimentaria Metodología analítica para alimentos y bebidas pp.353.
- Pinilla, A. 1998. Indicadores Biológicos en Ecosistemas acuáticos Continentales en Colombia. Editorial Fundación Universidad de Bogota “Jorge Tadeo Gonzalo”. Colombia.

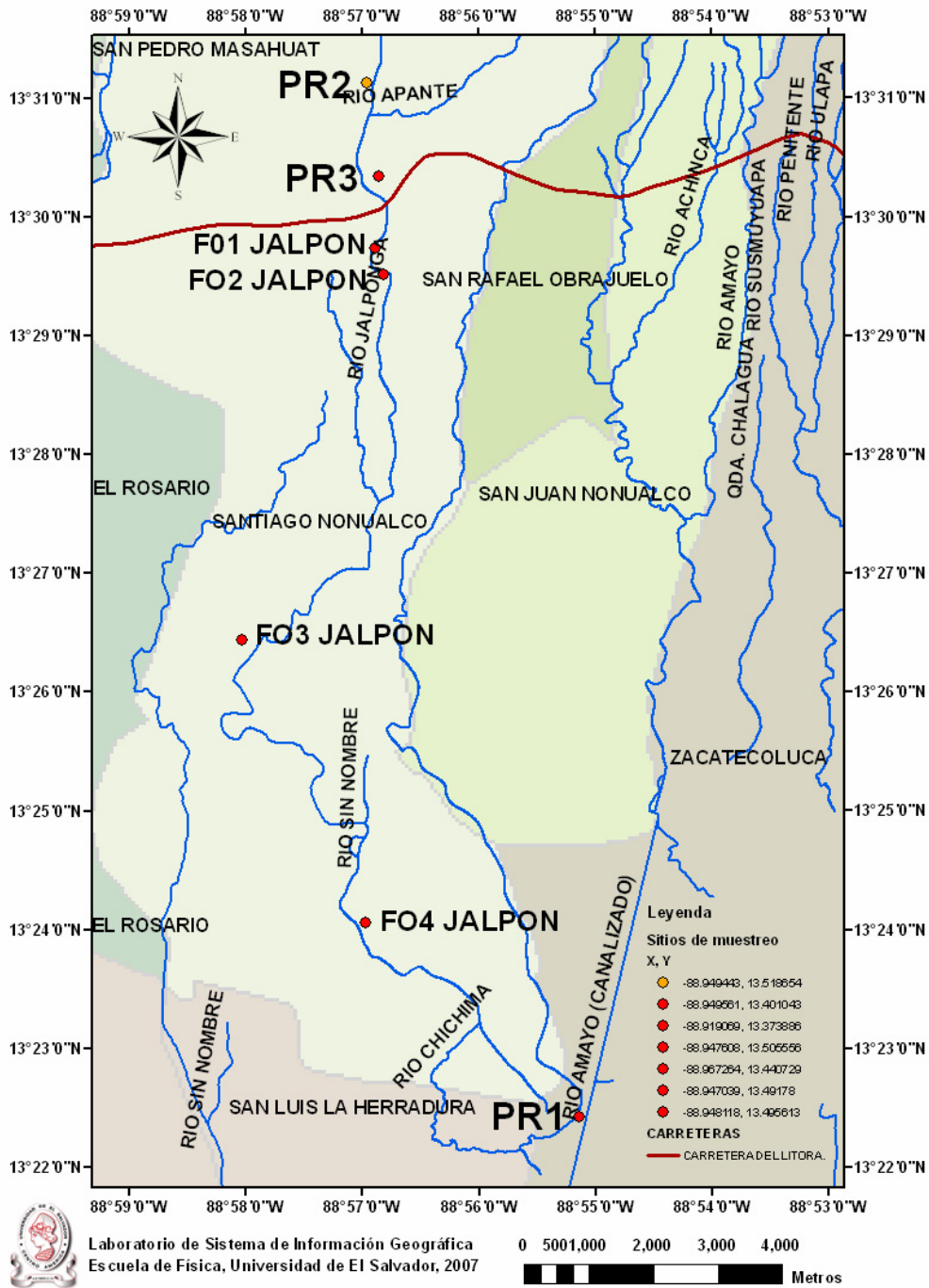
- PNUD. 1980. Plan Maestro de Desarrollo y Aprovechamiento de Los Recursos Hídricos de El Salvador (PLAMDARH). Recursos y Demandas Potenciales de la Región “F”. Documento Básico No 1.
- Prado, J. S. 2004. “Evaluación de la calidad de agua del Río aguare (Honduras) mediante el uso de macro invertebrados como indicadores biológicos. Universidad del Zamorano Honduras.
- Prescott, Lansing M. Harley, Jhon P. Klein, Donald, A. Microbiology, 3era edición, Wm C. Brown Publisher, 1996, E.E.U.U.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia. Medellín, CO. 170 p
- Ryan & C. Jorge Ray, Cherrys Microbiología Médica Introducción a las enfermedades infecciosas. 4ta Edición, U.S.A, 2005.
- Repetto, G. 1991. “Resumen sobre aguas negras”.Cooperación Italiana/ Ministerio de Salud Publica y Asistencia Social) 78pp.
- Sagastizado. 2001. Impacto del uso de la Tierra en la Calidad del Agua en la Subcuenca Río Talnique, Subcuenca del Río Sucio, La Libertad, El Salvador. CATIE, Costa Rica
- Sampieri, R., Collado, C., Lucio, P. 1998. Metodología de la Investigación. 2^{da} ed. Mc. Graw Hill. México.
- Szewzyk, U.; Szewzyk, W.; Manz, W. AND Shleifer, H. (2000). Microbiological safety of drinking water. Annual Review Microbiology. 54, 81-127.
- Talaro Kathleen & Talaro Arthur. Microbiology, 2da edición, Mc Graw Hill, 1996, E.E.U.U.

- Tercedor, J. A. & Prat. N. (1992) Spanish experience in the use of macroinvertebrates as biological 14606 EN-FR 1992 – pollution indicators. En: River water quality ecological asesment an control (Eds. P. Newman, A. Piavaux & R. Sweeting): 733-738.
- Tercedor, J. A. & Sánchez-Ortega, A. (1988) Un Método Rápido y Simple Para Evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de hellawell (1978). *Limetrica*, 4:51-56.
- UICN. (Unión Mundial para la Naturaleza). 1999 El Reto del agua Dulce, Revista Conservación Mundial. 31pp.
- Walker, C., S. Hopkin, R. Sibli & D. Peakall. 2001. Principles of Ecotoxicology. Second edition. Taylor & Francis Group. London. 209 pp.
- Whiles, MR; Brock, BL; Franzen, AC; Dinsmore SC. 2000. Stream invertebrate communities, water quality, and land-use patterns in an agricultural drainage basin of Northeast Nebraska, USA. *Environmental Management* 26(5): 563-576.
- Zanetti, J.C; y L.Samaniego, 2002. “Microorganismos de agua dulce como indicadores de salud ambiental en El Paraguay”. OMS.

Referencias de Internet:

- Salas, L. 2003. Biodiversidad de invertebrados bentónicos en el Río Miraflores. Capayán, Catamarca. Producciones Científicas. Consultado el Disponible en línea:<http://www.editorial.unca.edu.ar/NOA2003/Ciencias%20de%20la%20Tierra%20y%20Ambiente/Biodiversidad%20de%20invertebrados%20bent%C3%B3nicos%20en%20el%20R%C3%ADo.pdf>.

ANEXOS



Anexo 1. Mapa del área de Estudio, Río Jalpón, Departamento de La Paz, 2007. Fuente: SIG, Laboratorio de Sistema de Información Geográfica Escuela de Física Facultad de Ciencias Naturales y Matemática Universidad de El Salvador S. S.



Anexo 2. Ubicación del Centroide en el punto F01 Jalpon “Puente Jalponga” Departamento de la Paz 2007.



Anexo 3. Ubicación del Centroide en el punto F02 Jalpon “Caserío Concepción Jalponga” Departamento de la Paz 2007.



**Anexo 4. Ubicación del Centroides en el punto F03 Jalpon “Caserío Santa Rita”
Departamento de la Paz 2007**



**Anexo 5. Ubicación del Centroides en el punto F04 Jalpon “Hacienda Hoja de Sal”
Departamento de la Paz 2007**



Anexo 6. Ubicación del Centroide en el punto PR1 “Borda de Escuintla” Departamento de la Paz 2007



Anexo 7. Ubicación del Centroide en el punto PR2 “Apanta” Departamento de la Paz 2007



Anexo 8. Ubicación del Centroide en el punto PR3 “Cloaca” Departamento de la Paz 2007

MATERIAL

Bureta de 25 ó de 50 ml.
Embudo cónico.
Frasco lavador.
Matraces erlenmeyer de 250 ml.
Papel de filtro de paso rápido.
Placa calefactora.
Probeta de 100 ml.
Vaso de precipitados de 250 ml.
Vidrio de reloj.

REACTIVOS

Disolución titulada de EDTA-Na₂ 0'01M.
Agua destilada exenta de dureza.
Disolución amortiguadora de pH=10 (se prepara con 67'5 gramos de cloruro amónico y 570 ml de amoniaco concentrado, completando el volumen a 1 litro con agua destilada).
Negro de eriocromo T (0'15 gramos en 25 ml de metanol).

METODOLOGÍA

Para la dureza total:

- 1.- Pasar 100 ml de agua problema a un erlenmeyer de 250 ml.
- 2.- Añadir 2 ml de disolución amortiguadora y 2 gotas de indicador.
- 3.- Valorar con la solución titulada de complexona II hasta viraje de rojo a azul débil persistente.

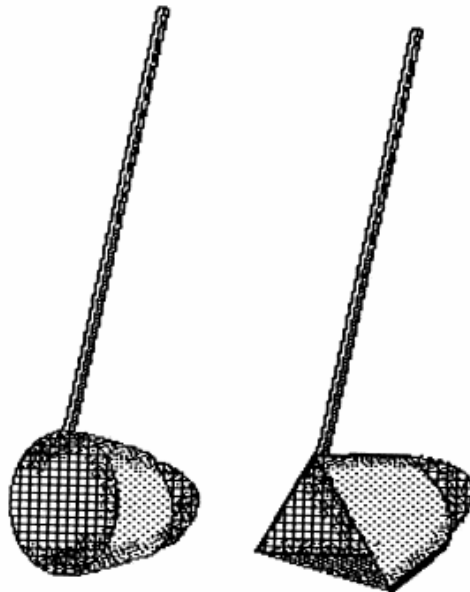
Para la dureza permanente:

- 1.- Pasar 100 ml de agua problema a un vaso de pp de 250 ml.
- 2.- Tapar con vidrio de reloj y llevar a ebullición suave durante 15 minutos, procurando que el volumen no disminuya excesivamente.
- 3.- Trasvasar las salpicaduras del vidrio de reloj al vaso, ayudándonos con una pequeña cantidad de agua destilada exenta de dureza.
- 4.- Filtrar sobre un matraz erlenmeyer, lavando con pequeñas porciones de agua destilada exenta de dureza.
- 5.- Proceder con el filtrado como en los puntos 2 y 3 del sub-apartado anterior.

Anexo 9. Protocolo para la medición de la Dureza del agua a base de EDTA propuesta por Harrys D. (2004)



Anexo 20. Colecta de muestras de agua para aplicación del índice NMP. Jalponga departamento de La Paz 2007.



Anexo 31. Esquema de red manual para la colecta de macroinvertebrados. Fuente: Tercedor, J. & Prat. N. (1992)



Anexo 42. Colecta de macroinvertebrados realizada para determinar la calidad del agua del Río Jalponga Departamento de La Paz 2007.



Anexo 53. Gradilla con tubos de fermentación agrupados en orden al volumen inoculado.

TUBOS POSITIVOS			MNP	TUBOS POSITIVOS			MNP	TUBOS POSITIVOS			MNP
1ml	0.1ml	0.01ml		1ml	0.1ml	0.01ml		1ml	0.1ml	0.01ml	
0	0	1	30	1	2	0	110	2	3	3	530
0	0	2	60	1	2	1	150	3	0	0	230
0	0	3	90	1	2	2	200	3	0	1	390
0	1	0	30	1	2	3	240	3	0	2	640
0	1	1	60	1	3	0	160	3	0	3	950
0	1	2	90	1	3	1	200	3	1	0	430
0	1	3	120	1	3	2	240	3	1	1	750
0	2	0	60	1	3	3	290	3	1	2	1200
0	2	1	90	2	0	0	90	3	1	3	1600
0	2	2	120	2	0	1	140	3	2	0	930
0	2	3	160	2	0	2	200	3	2	1	1500
0	3	0	90	2	0	3	260	3	2	2	2100
0	3	1	130	2	1	0	150	3	2	3	2900
0	3	2	160	2	1	1	200	3	3	0	2400
0	3	3	190	2	1	2	270	3	3	1	4600
1	0	0	40	2	1	3	340	3	3	2	11000
1	0	1	70	2	2	0	210	3	3	3	11000+
1	0	2	110	2	2	1	280				
1	0	3	150	2	2	2	350				
1	1	0	70	2	2	3	420				
1	1	1	110	2	3	0	290				
1	1	2	150	2	3	1	360				
1	1	3	190	2	3	2	440				

Anexo 64. Tabla del NMP de tres tubos de fermentación, para análisis de agua. Fuente: APHA. 1982

VALOR DE TOLERANCIA	ORDEN	FAMILIA TAXONOMICA
10	Odonata	Polythoridae
	Diptera	Blephariceridae; Athericidae, Perlidae
	Ephemeroptera	Heptageniidae
	Plecoptera	Perlidae
	Trichoptera	Lepidostomatidae;, Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae
8	Ephemeroptera	Leptophlebiidae
	Hemiptera	Hebridae
	Odonata	Cordulegastridae; Corduliidae, Aeshnidae; Perilestidae; Libellulidae; Gomphidae; Lestidae
	Trichoptera	Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae
	Blattodea	Blaberidae
7	Coleoptera	Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae
	Odonata	Gomphidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae
	Trichoptera	Philopotamidae
6	Megaloptera	Corydalidae
	Decapoda	Palaemonidae
	Odonata	Coenagrionidae
	Trichoptera	Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae
	Ephemeroptera	Euthyplociidae; Isonychidae
5	Lepidoptera	Pyrilidae
	Trichoptera	Hydropsychidae; Helicopsychidae
	Coleoptera	Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae
	Ephemeroptera	Leptohephidae; Oligoneuriidae; Polymitarcyidae; Baetidae
4	Coleoptera	Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae; Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae
	Diptera	Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae; Muscidae; Sciomyzidae; Ceratopogonidae; Stratiomyidae; Tabanidae
	Hemiptera	Belostomatidae; Corixidae; Nepidae
	Odonata	Calopterygidae
	Ephemeroptera	Caenidae
3	Coleoptera	Hydrophilidae Psychodidae; Valvatidae; Hydrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae; Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae; Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae; Asellidae
	Diptera	Chironomidae
	Odonata	Amphyterigidae
	Hemiptera	Gerridae; ; Naucoridae; Notonectidae
2	Diptera	Culicidae; Ephydriidae
1	Diptera	Syrphidae; Oligochatea (todas las clases)

Anexo 75. Puntajes asignados en el índice BMWP para las familias de macroinvertebrados identificados en Costa Rica. Fuente: Roldan 2003

Clase	Calidad	Valor	Significado	Color
I	"Buena"	> 150 101-120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Azul ●
II	"Aceptable"	61-100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	Verde ●
III	"Dudosa"	36-60	Aguas contaminadas	Amarillo ●
IV	"Crítica"	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja ●
V	"Muy crítica"	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo ●

Anexo 16. Clases de calidad significación de los valores del B.M.W.P y colores a utilizar en representaciones cartográficas. Fuente: Roldan 2003



Anexo 17. Ubicación geográfica del punto Cloaca en comparación a la cuenca del Río Jalponga Departamento de La Paz 2007. Fuente: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

**NORMA
SALVADOREÑA**

NSO 13.07.03:98



AGUA

**AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO
RECEPTOR.**

CORRESPONDENCIA: Esta norma es una adaptación de la Propuesta de Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. Ministerio de Salud, El Salvador. Octubre de 1996.

ICS 13.060

Editada por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. CONACYT. Colonia Médica Avenida Dr. Emilio Álvarez. Pasaje Dr. Guillermo Rodríguez Pacas. # 51. San Salvador El Salvador. Centro América. Teléfonos: 226- 2800. 225-6222; Fax. 225-62 e-mail: info@ns.conacyt.gob.sv

Derechos Reservados.

**Anexo 18. Norma salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor
(CONACYT , ICS 13,060,1996)**

INFORME

Los Comités Técnicos de Normas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT, son los organismos encargados de realizar el estudio de las normas. Están integrados por representantes de la Empresa Privada, Gobierno, Organismo de Protección al Consumidor y Académico Universitario.

Con el fin de garantizar un consenso nacional e internacional, los proyectos elaborados por los Comités se someten a un período de consulta pública durante el cual puede formular observaciones cualquier persona.

El estudio elaborado fue aprobado como NSO 13070398 por el Comité Técnico de Normalización 03

La oficialización de la norma conlleva la ratificación por Junta Directiva y el Acuerdo Ejecutivo del Ministerio de Economía.

Esta norma está sujeta a permanente revisión con el objeto de que responda en todo momento a las necesidades y exigencias de la técnica moderna. Las solicitudes fundadas para su revisión merecerán la mayor atención del organismo técnico del Consejo: Departamento de Normalización Metrología y Certificación de la Calidad.

MIEMBROS PARTICIPANTES DEL COMETE 03

René Cruz González	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS
Paula Victoria Barrera	Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, MSPAS
Héctor Alfredo Dueñas Alcantarillados,	Administración Nacional de Acueductos ANDA
Carlos Aguilar Molina	Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales, LARN
Gloria Marina Galeas	Centro para la Defensa del Consumidor, CDC
Hugo Guerra y Guerra	Hidroconsult-Engineering
Gerardo Lardé	PROCAFE
Italo Andrés Córdova Flamenco	Universidad de El Salvador/EIQ
Emilia de Quintanilla	ASPAGUA
Gregorio Nottin	Universidad Luterana
Sergio Maravilla	Universidad de El Salvador
Eliú Fernando Flores	Universidad Técnica Latinoamericana
Pedro Salvador Mendoza	ESPINSA
Gonzalo Campos	UNISOLA
Alfredo Pineda	Ingenio el Angel

Ana Cecilia Hernández	Embotelladora Salvadoreña
Ana Miriam de Huevo	Embotelladora Salvadoreña
Ana Milagro Sandoval	CONACYT
Rafael Lino	CONACYT

1. OBJETO

Esta Norma establece las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores.

2. CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma se aplica en todo el país PM-a la descarga de aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor. Deberá observarse el cumplimiento de los valores permisibles establecidos en esta norma. De forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor, tales como color, olor, turbiedad, radiactividad explosividad y otros.

3. DEFINICIONES

3.1 **Aguas residuales:** es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.

3.2 **Aceite y grasa:** sustancia química no miscible en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis recomendados en esta norma.

3.3 **Compuestos fenólicos:** son compuestos orgánicos que se clasifican como: mono-di-o-polihidricos dependiendo del número de grupos hidróxidos unidos al anillo aromático del benceno.

3.4 **Contaminación:** es la alteración de la calidad física, química, biológica y radiactiva en detrimento de la biodiversidad.

3.5 **Cuerpo de agua:** masa de agua estática o en movimiento permanente o intermitente, como ríos, lagos, lagunas, fuentes, acuíferos, mares, embalses y otros.

3.6 **Cuerpo receptor:** se refiere al cuerpo de agua expuesto a recibir descargas directas o indirectas.

3.7 Descarga: agua residual vertida a un cuerpo receptor.

3.8 Demanda bioquímica de oxígeno (DBO): cantidad de oxígeno necesaria para la estabilización biológica de la materia orgánica biodegradable.

3.9 Demanda bioquímica de oxígeno 5 (DBO₅): cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancias orgánicas biodegradables presentes en el agua, a los 5 días.

3.10 Demanda química de oxígeno (DQO): cantidad de oxígeno necesaria para la oxidación de sustancias de origen inorgánico y la estabilización química de sustancias de origen orgánico presentes en el agua.

3.11 Dilución: es el efecto de disminuir la concentración de soluto presente en una solución, aumentando la cantidad de disolvente.

3.12 Grupo coliforme total:

3.12.1 Cuando se usa la técnica de tubos múltiples de fermentación el grupo coliforme total se define como todos los bacilos anaerobios facultativos, gram-negativos, no formadores de esporas que fermentan la lactosa con producción de ácido y gas dentro de 48 horas de incubación a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.12.2 Cuando se utiliza la técnica de filtración por n el grupo coliforme total se define como todas las bacterias anaerobias o anaerobias facultativas, gram-negativas, no formadoras de esporas que desarrollan colonias rosadas o rojas con brillo verde metálico en 24 horas de incubación a $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$

3.12.3 Cuando se usa la técnica del sustrato cromogénico, el grupo coliforme total se define como toda bacteria que posee la enzima β-D-galactosidasa, la cual hidroliza al sustrato cromogénico produciendo un color característico según indicador utilizado

3.13 Grupo coliforme fecal se llaman bacterias coliformes termotolerantes y son bacterias que tienen las mismas propiedades de los coliformes totales. A $44.5 \pm 0.2\text{ }^{\circ}\text{C}$ en 24 horas producen gas en medio EC, colonias azules en medio m-FCBROTH y colonias rosadas o rojas con brillo verde metálico en medio m-ENDO BROTH MF.

3.14 Industria: se considera la instalación industria y sus anexos y dependencias, ya sean cubiertas o descubiertas, que se dediquen a la manipulación, elaboración o transformación de productos naturales o artificiales mediante tratamiento físico, químico, biológico y otros, utilizando o no maquinaria.

3.15 Material flotante: sustancias que permanecen temporal o permanentemente en la superficie del cuerpo de agua limitando su uso.

- 3.16 **Parámetro:** aquella característica que puede ser sometida a medición.
- 3.17 **Radiactividad:** es la propiedad de determinados elementos químicos (elementos radiactivos) de descomponerse en forma espontánea. Liberando energía en forma continua de radiación nuclear: alfa, beta. Gamma.
- 3.18 **Responsable de la descarga:** persona natural o jurídica que vierte las aguas residuales a un cuerpo receptor.
- 3.19 **Sólidos sedimentables:** materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua.
- 3.20 **Sólidos totales o residuo:** cantidad de materia sólida que permanece como residuo, posterior a la evaporación total del agua.
- 3.21 **Sólidos totales disueltos:** se compone de moléculas orgánicas e inorgánicas e iones que se encuentran presentes en solución verdadera en el agua.
- 3.22 **Sólidos suspendidos:** son los sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos.
- 3.23 **Tratamiento de aguas residuales:** es cualquier proceso físico, químico o biológico, definido para depurar las condiciones de las aguas a través de operaciones, de procesos unitarios preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas establecidas.
- 3.24 **Turbiedad; turbidez:** reducción de la transparencia de una muestra debido a la presencia de partículas extrañas. Se expresan en NTLJ.
- 3.25 **Vertido:** sinónimo de agua residual.
- 3.26 **Valores máximos permisibles:** son los valores, rangos y concentraciones de los parámetros establecidos en esta norma, que debe cumplir el responsable de cada descarga.

4 ABREVIATURAS

°C =	Grado celsius ó centígrado
DBO =	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO =	Demanda Química de Oxígeno mL mililitro
mL/L =	mililitros por litro mg/L miligramos por litro
NTU =	unidades nefelométricas de referencia
ST =	Sólidos totales - STD = Sólidos totales disueltos
Pt -Co =	Unidades platino cobalto
UFC =	Unidades formadoras de colonias

5. REQUISITOS

Los niveles máximos permisibles de los parámetros de esta Norma deberán ser alcanzados por medio de los tratamientos respectivos. Para alcanzar dichos niveles no será permitida la dilución

Tabla 1. Parámetros sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor.

Parámetros		valores máximos
aceites y grasas (Aguas domesticas)	mg/L	10
aceites y grasas (Aguas industriales))	mg/L	20
Aluminio	mg/L	5
Arsénico	mg/L	0.1
Bario total	mg/L	5
Berilio	mg/L	0.5
Boro	mg/L	1.5
Cadmio	mg/L	0.1
Cianuro total	mg/L	0.5
Cinc	mg/L	5
Cloruros	mg/L	500
Cobalto	mg/L	0.2
Cobre	mg/L	1
Coliformes totales	mg/L	1000
Coliformes fecales	UFC/100 mL	1000
Color real	UFC/100 mL	50
Compuestos fenolicos	mg/L	0.001
Cromo hexavalente	mg/L	0.05
Cromo total	mg/L	1
DBO (Aguas domesticas)	mg/L	30
DBO (Aguas industriales)	mg/L	200*
detergentes	mg/L	2
DQO (Aguas Industriales)	mg/L	400
DQO (aguas domesticas)	mg/L	60
Fluoruros	mg/L	5
Fósforo total	mg/L	3
Herbicidas totales	mg/L	0.1
Hidrocarburos	mg/L	5
hierro total	mg/L	5
litio	mg/L	2
Manganeso total	mg/L	2
Materiales flotantes	mg/L	ausentes
Mercurio	mg/L	0.005
molibdeno	mg/L	0.1
Níquel	mg/L	0.2

* Recomendable 60 mg/L

continúa

Continuación

Tabla 1. Parámetros sobre Valores Permisibles para Aguas Residuales Descargadas a un cuerpo receptor.

Parámetros		Valores máximos permisibles
Nitrógeno Total	mg/L	10
Organoclorados	mg/L	0.05
pH	mg/L	0.1
Plata	mg/L	5.5 -9.0
Plomo	mg/L	0.2
Selenio	mg/L	0.05
Sólidos sedimentables	mg/L	1
Sólidos suspendidos (aguas domesticas)	mg/L	60
Sólidos suspendidos (aguas industriales)	mg/L	150
Sulfatos	mg/L	400
Temperatura	°C	35
Turbiedad	NTU	100
Vanadio	mg/L	1

Tabla 2. Requerimientos para toma de muestras.

Recipientes para Muestreo y Preservantes de Componentes en Agua.

Parámetros	Recipientes	Preservante	Tiempo de Almacenamiento	Vol. Mínimo de Muestra
Aceites y grasas	Vidrio	Enfriar 4 °C 5 mL (1+1) H ₂ SO ₄ /L	24 horas	1000
Ácido fenoxiacético herbicida	Vidrio	H ₂ SO a pH < 2, inferior a 4 °C	Preferiblemente extraer inmediatamente	1000
Aluminio	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1000
Arsénico	Polietileno		6 meses	1000
Bario	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1000
Berilio	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1000
Boro	Polietileno		6 meses	1000
Cadmio	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1000
Carbamato (plaguicida)	Vidrio	H ₂ SO a pH < 4 y 10 g Na ₂ SO ₄ /L muestra	Preferiblemente extraer inmediatamente	2500
Cianuro	Polietileno		24 horas	500
Cinc	Polietileno	2 mL. Conc. HNO ₃ /L muestra	6 meses	1000

Continúa

Continuación

Tabla2. Requerimiento para Toma de Muestras

Parámetros	Recipientes	Preservantes	Tiempo de almacenamiento	Vol. Mínimo de muestra
Color	Polietileno	enfriar 4 C	24 horas	500
Cromo	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra	24 horas	1000
DBO	Polietileno	enfriar 4 C	4 horas	1000
DQC	Polietileno	enfriar 4 C	24 horas	1000
Fenoles	Vidrio	HPO A Ph ^4 y 1.0 g CuSO4/L enfriar 4 c	24 horas	1000
Fluoruros	Polietileno	enfriar 4 C	7 días	300
Fosfato disuelto inorgánico ortofosfato total	Vidrio	Filtrando in situ , usando membrana filtrante de 0.45 um enfriar 4 C	24 horas	1000
Hierro	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra	6 meses	1000
Litio	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra	6 meses	1000
Manganeso	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra		1000
Mercurio	Vidrio o teflón	1 mL Conc. HSO 1mL solución KCr O al 5% 100 mL muestra	1 mes	1000
Molibdeno	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra	6 meses	1000
Níquel	Polietileno	2 mL. Conc. HNO/L muestra	6 meses	1000
Nitrógeno amoniacal por Kjeldahl nitrito +nitrito	Polietileno	enfriar 4 C	24 horas	1000
Pentaclorofenol	Vidrio	HPO A Ph ^4 y 1.0 g CuSO4/L enfriar 4 c	24 horas	1000
pH	Polietileno	ninguno	preferible tomar de inmediato	200
Plaguicidas organoclorados	Vidrio	enfriar 4 C	preferible extraer inmediatamente	2500
Plata	Polietileno	0.4 g disodico EDTA/100 mL muestra	10 días	1000
Plomo	Polietileno	2 mL Conc. HNO/L muestra	6 meses	1000
Selenio	Polietileno	enfriar 4 C	6 meses	1000
Sulfato	Polietileno	enfriar 4 C	7 días	1000

Tabla 3. Métodos de Análisis para la Determinación de los Parámetros Contemplados en la Norma

Parámetros	Número de referencia Standard Methods	Numero de referencia ASTM
Aceites y grasas (Aguas domesticas)	5520	D 3921- 85 (1990)
Aceites y grasas (Aguas industriales))	5520	D 3921- 85 (1990)
Aluminio	3500-Al	D857-89
Arsénico	3500-As	D 2972-93
Bario total	3500-Ba	D 4382- 91
Berilio	3500-Be	D 3645-93
Boro	4500-B	D 3082-92
Cadmio	3500-Cd	D 3557-90
Cianuro total	4500-CN	D2036-91
Cinc	3500-Zn	D1691-90
Cloruros	4500-Cl	D 512-89
Cobalto	3500-Co	D 3558-90
Cobre	3500-Cu	D 1688-90
Coliformes totales	9221 y 9222	-
Coliformes fecales	-	-
Color real	2120	-
Compuestos fenolicos	5530 y 6420	D 1783-91
Cromo hexavalente	3500- Cr	D 5257-93
Cromo total	3500- Cr	D 1687-92
DBO (Aguas domesticas)	5210	-
DBO (Aguas industriales)	5210	-
Detergentes	5710	-
DQO (Aguas Industriales)	5220	D 1253-88
DQO (aguas domesticas)	5220	D1253-88
Fluoruros	4500-F	D 1179-93
Fósforo total	4500-P	D 515-88
Herbicidas totales	6640 y 6651	D 3086-85 (1990)
Hidrocarburos	6440	-
Hierro total	3500-Fe	-
Litio	3500-Li	-
Manganeso total	3500-Mn	-
Materiales flotantes	2530	-
Mercurio	3500-Hg	D 3223 - 91
Molibdeno	3500-Mo	D 3323 -92
Níquel	3500-Ni	D1886-90
Nitrógeno total	3500-N	D 3590- 89

Continúa

Determinación del cromo Hexavalente

Tabla 3. Métodos de Análisis para la Determinación de los Parámetros Contemplados en la Norma.

Parámetros	Numero de referencia Standard Methods	Numero de referencia ASMT
Organoclorados	6630	D 3086 - 86 (1990)
Órganos fosforados y carbamatos	6610	
pH	4500 - H-	D 1293 - 84 (1990)
Plata	3500 - Ag	D 3866 - 92
Plomo	3500 - Pb	D 3559 - 90
Recolección y preservación de las muestras	1060	
Selenio	3500 - Se	D 3859 - 93
Sólidos sedimentables		
Sólidos suspendidos (aguas domésticas)	2540	
Sólidos suspendidos (aguas industriales)	2540	
Sulfatos	4500 - SO ₂	D 516 - 90
Temperatura	2550	
Trihalometanos	6332	
Turbiedad	2130	D 1889 - 88
Vanadio	3500 - V	D 3376 - 93

Nota 1. Se recomienda el uso de los métodos “ASTM” y “STANDARD METHODS”. Pueden utilizarse también los métodos empleados para los laboratorios acreditados por el CONACYT.

1. CUMPLIMIENTO Y VERIFICACIÓN.

Corresponde la vigilancia del cumplimiento de esta norma obligatoria al Ministerio de Salud y Asistencia Social, a través de Dirección de Atención al Medio y al Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales; y su observancia a todos los responsables de los vertidos a cuerpos receptores. **La autoridad competente fijara condiciones particulares de descarga, para señalar valores máximos permisibles más estrictos de los parámetros señalados en esta norma.**

En caso que aplique el reglamento respectivo podrá determinar la gradualidad de la aplicación de los parámetros de esta Norma.

7. DOCUMENTO DE REFERENCIA.

- MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL.
Propuesta de norma de las Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. El Salvador, 1996.

-FIN DE LA NORMA-



REPÚBLICA DE EL SALVADOR

MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA
Y ASISTENCIA SOCIAL

GERENCIA DE ATENCION INTEGRAL
EN SALUD AMBIENTAL

NORMA SALVADOREÑA OBLIGATORIA
NSO 13.07.01.04 AGUA. AGUA POTABLE

PUBLICADA EN EL DIARIO OFICIAL DE
FECHA 02 DE FEBRERO DE 2006,
bajo el tomo No. 370, número 23

San Salvador, El Salvador C.A.