

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



**“ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE COLIFORMES
EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL,
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR
ANGELA GUEDELIA PORTILLO ZELAYA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2003.

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA
ESCUELA DE BIOLOGÍA**



**“ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE COLIFORMES
EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL,
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR
ANGELA GUEDELIA PORTILLO ZELAYA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

ASESOR: Dr. RIGOBERTO AYALA

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2003.

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



**“ANÁLISIS CUALITATIVO Y CUANTITATIVO DE COLIFORMES
EN LA CUENCA MEDIA DEL RÍO GRANDE DE SAN MIGUEL,
DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL, EL SALVADOR”.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR
ANGELA GUDELIA PORTILLO ZELAYA**

**PARA OPTAR AL GRADO DE:
LICENCIADA EN BIOLOGÍA**

ASESOR: _____

Dr. RIGOBERTO AYALA

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2003.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR

Dra. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIO GENERAL

Licda. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FISCAL GENERAL

Lic. PEDRO ROSARIO ESCOBAR CASTANEDA

DECANO DE LA FACULTAD

Licda. LETICIA NOEMÍ PAUL DE FLORES

DIRECTOR DE LA ESCUELA

M.Sc. ANA MARTA ZETINO CALDERON

CIUDAD UNIVERSITARIA, AGOSTO DE 2003.

AGRADECIMIENTOS

A DIOS TODOPODEROSO

Por brindarme sabiduría y fortaleza en los objetivos propuestos para alcanzar mi meta.

A LA UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Por mi formación académica.

AL ASESOR

Dr. Rigoberto Ayala, quien con mucha voluntad me brindó su colaboración en todas las actividades realizadas, para culminar con éxito mi carrera.

AL JURADO

Lic. Rodolfo Menjivar y la Licda. Marina Estela de Tobar
Por su valiosa ayuda y aporte al Trabajo de Graduación.

AL ING. WILFREDO FUENTES

Por su ayuda incondicional en la elaboración de mapas.

AL ING. AGR. M. SC. JOSE ISMAEL GUEVARA

Por su colaboración en el tratamiento estadístico

AL PERSONAL DOCENTE DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA.

Por haberme brindado sus conocimientos y formado como profesional

A MIS AMIGOS Y AMIGAS

Por esa amistad incondicional

A todos las personas que me brindaron su apoyo para el desarrollo de este trabajo, mis más sinceras gratitudes.

DEDICATORIA

➤ A MIS PADRES

Maximiliano Portillo y Rosa Isabel Zelaya

Por confiar en mi y brindarme su apoyo en todo momento.

➤ A MIS HERMANOS

Por su constante ayuda incondicional, apoyo y amor fraternal en toda mi carrera.

➤ A MIS AMIGOS.

Con los que compartí mis mejores momentos y que de una forma u otra me apoyaron y contribuyeron en mi carrera como profesional, mis más sinceros agradecimientos.

ÍNDICE

Contenido.	Página
Resumen.....	I
Índice de Cuadros.....	i
Índice de Figuras.....	vi
INTRODUCCIÓN.....	1
1 FUNDAMENTO TEÓRICO	
1.1 El Agua.....	3
1.2 Importancia del agua.....	3
1.2 Concepto de contaminación.....	3
1.3 Contaminación del agua.....	3
1.4 Contaminación del agua.....	3
1.4.1 Causas de la contaminación.....	4
1.5 Tipos de contaminantes del agua	5
1.6 Contaminación de las aguas superficiales.....	6
1.7 Contaminación del Río Grande de San Miguel.....	7
1.8 Principales Contaminantes del Agua.....	7
1.8.1 Número de bacterias coliformes existentes.....	8
1.8.2 Generalidades de las bacterias.....	8
1.9 Calidad de agua de los ríos.....	9
1.10 Legislación.....	9
1.11 Técnicas para determinar la contaminación microbiológica.....	10
2 MATERIALES Y METODOS.	
2.1 Descripción del área de estudio.....	12
2.1.1 Ubicación Geográfica.....	12
2.1.2 Delimitación del área de estudio.....	12
2.1.2.1 Localización y descripción de los sitios de muestreo.	13
2.2 METODOLOGIA DE CAMPO.	
2.2.1 Tipo de estudio.....	25
2.2.2 Número de Muestras.....	25
2.2.3 Conservación y transporte.....	25
2.2.4 Tiempo de muestreo.....	26

3	METODOLOGIA DE LABORATORIO	
3.1.	Técnicas de Laboratorio.....	27
3.2.	ANÁLISIS ESTADÍSTICO	
3.2.1.	Número Más Probable de coliformes en 100 mL (NMP/100 mL).....	31
3.2.2.	Recuento Total Bacteriano de coliformes Fecales (RTB).....	31
3.3.	DISEÑO ESTADÍSTICO.....	31
4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	
4.1.	Concentración de Coliformes Totales	40
4.2.	Concentración de Coliformes Fecales	46
4.3	Concentración de <i>Escherichia coli</i>	52
4.4	Contribución de Coliformes Totales	58
4.5	Contribución de Coliformes Fecales	63
4.6	Contribución de <i>Escherichia coli</i>	68
4.7	Correlación entre la contribución de Coliformes Totales y Coliformes Fecales por sitios de muestreo.....	73
4.8	Correlación entre la contribución de Coliformes Totales y Coliformes Fecales por meses de muestreo.	75
5	DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	77
6	CONCLUSIONES	88
7	RECOMENDACIONES.....	90
8	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	91
9	ANEXOS.....	94

INDICE DE CUADROS

Contenido	Pág.
1 Cuadro 1: Organismos específicos que han sido empleados o propuestos como indicadores de la contaminación humana.....	7
2 Cuadro 2: Organismos indicadores empleados para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua.....	9
3 Cuadro 3. MPN/100 mL, usando tres tubos cada inoculación con 10 mL, 1.0 mL y 0.1 mL.....	36
4 <i>Cuadro 1A</i> . Concentración de Coliformes Totales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	40
5 <i>Cuadro 1B</i> - Concentración de Coliformes Totales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	41
6 <i>Cuadro 1C</i> : Promedio global de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de la descarga de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	42
7 <i>Cuadro 1D</i> : Promedio mensual de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	44

8	<i>Cuadro 2A.</i> Concentración de Coliformes Fecales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002... ..	46
9	<i>Cuadro 2B.</i> Concentración de Coliformes Fecales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	47
10	<i>Cuadro 2C:</i> Promedio global de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	48
11	<i>Cuadro 2D:</i> Promedio mensual de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	50
12	<i>Cuadro 3A.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002... ..	52
13	<i>Cuadro 3B.</i> Concentración de <i>Escherichia coli</i> a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002.....	53
14	<i>Cuadro 3C:</i> Promedio global de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	54
15	<i>Cuadro: 3D.</i> Promedio mensual de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	56

16	<i>Cuadro 4A.</i> Contribución de Coliformes Totales de cada uno de los nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	58
17	<i>Cuadro: 4B.</i> Promedio globales de Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	59
18	<i>Cuadro: 4C.</i> Promedio de contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	61
19	<i>Cuadro 5A.</i> Contribución de Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	63
20	<i>Cuadro: 5B.</i> Promedios de Contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, durante el período de Julio-Octubre del año 2002.....	64
21	<i>Cuadro: 5C.</i> Promedios de contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	66
22	<i>Cuadro 6A.</i> Contribución de <i>Escherichia coli</i> de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio–Octubre del año 2002.	68
23	<i>Cuadro: 6B.</i> Promedio de contribución de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002.....	69

24	<i>Cuadro: 6C.</i> Promedio de contribución de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	71
25	<i>Cuadro 7A.</i> Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002.....	73
26	<i>Cuadro 7B:</i> Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	75
27	<i>Cuadro anexo A-1.</i> Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Totales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	95
28	<i>Cuadro anexo A-2.</i> Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Fecales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002....	95
29	<i>Cuadro anexo A-3.</i> Análisis de varianza de la concentración de <i>Escherichia coli</i> a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	96
30	<i>Cuadro anexo A-4.</i> Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Totales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	96

31	<i>Cuadro anexo A-5.</i> Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Fecales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	97
32	<i>Cuadro anexo A-6.</i> Análisis de varianza de la concentración de <i>Escherichia coli</i> a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	97
33	<i>Cuadro anexo A-7.</i> Análisis de varianza de la contribución de Coliformes Totales de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002	98
34	<i>Cuadro anexo A-8.</i> Análisis de varianza de la contribución de Coliformes Fecales de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	98
35	<i>Cuadro anexo A-9.</i> Análisis de varianza de la contribución de <i>Escherichia coli</i> de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.....	99

INDICE DE FIGURAS

Contenido	Pág.
1 Figura 1. Delimitación de la cuenca del Río Grande de San Miguel.....	14
2 Figura 2. ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca media del Río Grande de San Miguel.....	15
3 Figura 3. Técnica de Tubos Múltiples de Fermentación.....	29
4 Figura 4 Técnica de Recuento Total Bacteriano.....	30
5 <i>Figura 1A</i> : Promedio global de Coliformes Totales (NMP) encontrados a 10 m antes y 100 m después de la descarga de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	43
6 <i>Figura: 1B</i> . Promedio mensual de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.	45
7 <i>Figura: 2A</i> . Promedio global de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.	49
8 <i>Figura: 2B</i> . Promedio mensual de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	51

9	<i>Figura: 3A.</i> Promedio global de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	55
10	<i>Figura: 3B.</i> Promedio mensual de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.	57
11	<i>Figura: 4A.</i> . Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) de cada una de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, entre los meses Julio-Octubre del año 2002.....	60
12	<i>Figura: 4B.</i> Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, entre los meses de Julio- Octubre del año 2002.....	62
13	<i>Figura: 5A.</i> Promedios de Contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	65
14	<i>Figura: 5B.</i> Promedio de contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	67
15	<i>Figura: 6A.</i> Promedio de contribución de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	70

16	<i>Figura: 6B.</i> Promedio de contribución de <i>Escherichia coli</i> (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	72
17	<i>Figura: 7A:</i> Determinación de correlación de la contribución de Coliformes Totales y Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio- Octubre del año 2002.....	74
18	<i>Figura 7B:</i> Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales por meses de muestreo del total de ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.....	76

RESUMEN

La contaminación del agua es uno de los problemas que incide en su calidad y pone en peligro la salud de la población salvadoreña, sus fuentes superficiales están siendo utilizadas como receptores de aguas residuales y domésticas; producto de no existir un manejo adecuado de los vertidos. El Río Grande de San Miguel, suministra gran cantidad de agua a sus pobladores; sin embargo, la calidad del agua está siendo alterada, por lo que los habitantes están expuestos a muchas enfermedades microbiológicas transmisibles por el agua y otros productos de la contaminación. El objetivo del presente estudio es analizar cualitativa y cuantitativamente los coliformes en la cuenca media; asimismo, conocer la concentración de Coliformes Totales, Coliformes Fecales y *Escherichia coli*, como indicadores de la contaminación microbiológica del agua; así como también determinar si existe relación entre la contribución de Coliformes Totales y Coliformes Fecales por los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel. El estudio se desarrolló en el período de Julio a Octubre de 2002, realizando un muestreo por mes. Se estudiaron 9 sitios de muestreo, correspondiente a 9 ríos afluentes al Río Grande de San Miguel, siendo: Río Guayabal, San Esteban, Taisihuat, El Jute, El Rebalse, Miraflores, La Pelota, Desagüe de La Laguna de San Juan y el Río Desagüe de la Laguna de Olomega; se ubicaron dos puntos de muestreo en cada sitio, uno 10 m. antes de la descarga y 100 m. abajo de la descarga del río afluente para la determinación de cuanto contribuye los ríos afluentes en la carga bacteriana del Río Grande de San Miguel durante su curso. Para determinar la concentración de Coliformes Totales se aplicó la técnica de Tubos Múltiples de Fermentación por el Método del Número más Probable (NMP), y en la concentración de Coliformes Fecales y *Escherichia coli* se utilizó la técnica de Recuento en Placa por el método del Recuento Total Bacteriano (RTB). Utilizando un ANVA con diseño estadístico de bloques completamente al azar con pruebas de Duncan en caso de ser estadísticamente significativas las muestras. De igual forma, se aplicó un coeficiente de correlación de Pearson para conocer la relación entre contribuciones de Coliformes Totales y Coliformes Fecales. Al efectuar el análisis estadístico los datos de mayor concentración de Coliformes Totales Fecales y bacterias de *Escherichia coli* fueron registradas en ambos puntos del Río Miraflores y la menor concentración fue registrada en los puntos del Río Guayabal. En cuanto a la contribución de Coliformes Totales y bacterias de *Escherichia coli* aportadas por los ríos afluentes, se registró una mayor concentración por parte del Río el Jute, la menor contribución se registró para el Río Guayabal. El Río desagüe de la Laguna de San

Juan presentó la mayor contribución de Coliformes Fecales, registrándose una menor contribución por el Río Guayabal. La mayor contribución de *Escherichia coli* fue registrada por el Río El Jute, encontrándose una menor contribución por el Río Guayabal. Las altas contribuciones de *Escherichia coli* fueron además registrados en el mes de Agosto. Igualmente se determinó la existencia de una alta correlación entre los Coliformes Totales y Coliformes Fecales, debido a la alta concentración registrada. En resumen, después de hacer un análisis de los parámetros determinados se concluye que las concentraciones de Coliformes Totales, Fecales y *Escherichia coli* en la cuenca media del Río Grande de San Miguel son altas y sobrepasan los límites permisibles en aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor, además, por la presencia de estas bacterias se determinó que la cuenca media del Río Grande de San Miguel esta siendo contaminada constantemente por heces fecales. Por otra parte, también los ríos afluentes de la cuenca media aportan gran cantidad de contaminación microbiológica incrementando y a la vez contribuyendo a la alteración biológica y ecológica del recurso. Con base a los resultados se recomienda que se efectúen programas de monitoreo sobre la concentración de contaminantes microbiológicos en toda la cuenca media del Río Grande de San Miguel, y de ser posible ampliarlo a la zona de los ríos afluentes pero también es necesario tratar las descargas de aguas residuales con el objeto de mitigar los problemas de contaminación; y fomentar proyectos de saneamiento y educación ambiental con el propósito de preservar el recurso hídrico.

INTRODUCCIÓN

El agua es el solvente esencial de la materia viva y el principal componente químico de los organismos (50 a 95%), lo que es debido a sus propiedades físicas y químicas únicas. Aunque el agua es considerada como “solvente universal”, no todas las sustancias se disuelven en ella. No obstante disuelve la mayoría de sales y compuestos orgánicos. (Lehninger, 1982)

En la actualidad existe preocupación por el incremento de problemas de contaminación en general, y en particular del agua. La contaminación del agua es uno de los factores que más afectan a nuestro país, los cuerpos de agua están siendo contaminados por las diferentes actividades que el hombre realiza, por lo que se establecen límites permisibles en cuanto a sus características físicas, bacteriológicas, organolépticas, químicas y radiactivas; con el fin de asegurar y preservar la calidad del agua en los sistemas acuáticos.

El control de la contaminación del agua es claramente uno de los problemas más críticos. Sin una acción urgente y dirigida apropiadamente, los países en desarrollo encaran problemas de enfermedades, deterioro ambiental en la medida en que los recursos hídricos dejan de ser renovables debido a que se vuelven cada vez más contaminados y escasos.

Los Coliformes Totales son enterobacteriáceas que se encuentra presentes en los organismos de sangre caliente, incluyendo el hombre; los Coliformes Fecales son un subgrupo de los Coliformes Totales presentes en el tracto intestinal, provocando enfermedades gastrointestinales; *Escherichia coli* es una bacteria del grupo de Coliformes Fecales.

El presente trabajo se realizó en la Cuenca Media del Río Grande de San Miguel, los sitios estudiados fueron los ríos afluentes a esta cuenca como son: Río Guayabal, San Esteban, Taisihuat, El Jute, El Rebalse, Miraflores, La Pelota, Desagüe de la Laguna de San Juan y El Río desagüe de la laguna de Olomega; Para ello se estudiaron dos puntos en cada sitio uno 10 m antes de la descarga y el segundo a 100 m. Después de la descarga del río afluente, el agua analizada fue la del Río Grande de San Miguel.

El estudio se fundamenta en un análisis cualitativo y cuantitativo de Coliformes Totales y Fecales en la cuenca media del Río Grande de San Miguel, lográndose determinar la presencia y concentración de Coliformes Totales, Fecales y bacterias típicas de *Escherichia coli*, producto de la contaminación por heces fecales, en toda el área de estudio. Además, establecer si los ríos afluentes contribuyen con la contaminación de coliformes de la misma. La metodología utilizada consistió en el Método del Número Mas Probable (MPN), según la Técnica de Tubos Múltiples de Fermentación; y la técnica del Recuento en Placa por el método de Recuento Total Bacteriano (RTB) recomendado por la APHA, 1986. Al trabajo se le aplicó un ANVA con Diseño estadístico de bloques completamente al azar con Pruebas de Duncan, aplicadas a aquellas variables que resultaron estadísticamente significativas.

De forma sintética la investigación se enfatiza en el análisis de la contaminación del agua de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, mediante microorganismos indicadores, que permiten determinar la calidad del agua.

FUNDAMENTO TEÓRICO

1.1 El Agua

El agua es un compuesto químico de vital importancia; es utilizada para el funcionamiento del organismo y las actividades humanas, está integrada básicamente por dos elementos, Hidrógeno y Oxígeno, es una sustancia muy ampliamente distribuida, ocupando casi 3/4 partes superficie de la Tierra, aunque sólo 3 % es dulce. (Gessner, 1985)

1.2 Importancia del agua

Según Flores (1995), el agua, es uno de los recursos naturales más importantes, constituye un elemento primordial para la preservación de la vida, todos los organismos requieren suministros constantes de ésta. El agua es de vital importancia en el desarrollo de múltiples formas de vida, tanto microscópicas como organismos macroscópicos. Sin embargo, el agua de las cuencas hidrológicas está seriamente amenazada por las actividades antropogénicas, por lo que es indispensable instruirse sobre su calidad.

Las diferentes actividades agropecuarias requieren agua en distintas cantidades. Se estima que la agricultura consume aproximadamente las dos terceras partes del agua dulce del planeta. (López *et al.* 1997.)

1.3 Concepto de contaminación

Contaminación es cualquier alteración física, química o biológica del aire, el agua o la tierra que produce daños a los organismos vivos (Odum, 1995)

1.4 Contaminación del agua

En la actualidad existe mucha preocupación por el incremento de problemas de contaminación en general, y en particular del agua. La contaminación del agua ocurre en diversos puntos del abastecimiento tales como: zonas de desagüe, las corrientes, los pozos así como también durante el transporte al lugar de consumo. La contaminación fecal del agua se origina cuando las excretas del hombre y los animales se ponen en contacto con la misma. (Brock, 1993)

Albert (1990), manifiesta que el desarrollo tecnológico, el crecimiento demográfico, la industrialización y el uso de nuevos métodos de agricultura tecnificada, son factores que contribuyen a que entren al ambiente, de manera continua, cantidades crecientes de un gran

número de contaminantes presentando interacciones y efectos adversos, tanto sobre el ambiente mismo como sobre los seres vivos, cuando estos sobrepasan el umbral depurativo del ecosistema.

El agua contaminada es uno de los principales problemas ambientales de nuestros tiempos, comienza cuando le es añadida materia extraña perjudicial que deteriora la calidad del agua. (Martínez *et al*, 2001)(Anexo 1) El 90% de los ríos de El Salvador están contaminados por residuos líquidos industriales, por materia fecal (aguas negras), portadoras de microorganismos llamados patógenos que producen enfermedades y por desechos sólidos procedentes de las viviendas. (S.N, 2001)

La principal causa de incidencia de enfermedades transmitidas por el agua en los países subdesarrollados son la sobrepoblación, la ignorancia, la desnutrición, inadecuados sistemas de abastecimiento de agua potable, inadecuada disposición de excretas y deficientes métodos sanitarios ambientales de manipuleo y almacenamiento del agua de consumo (Organización Mundial de la Salud, 1965)

1.4.1. Causas de la contaminación.

La contaminación de las aguas puede ser dada por dos fuentes: contaminación natural y contaminación antropogénica o artificial (Albert, 1990; Flores, 1995)

1.4.1.1. Contaminación natural.

Los cuerpos de aguas naturales como ríos, lagos, mares y estuarios tienen la capacidad de depurarse a sí mismos sin la ayuda del hombre. Esta capacidad de las aguas es limitada debido a que los niveles de depuración natural están determinados por el volumen de los cuerpos de agua, la cantidad de bacterias y organismos que viven en las aguas y las cantidades de contaminantes que llegan a estas. Los microorganismos que habitan en los cuerpos de agua son los encargados de descomponer los compuestos contaminantes y convertirlos en formas químicas que pueden ser utilizados por las plantas y por los animales. No obstante, si las cantidades de contaminantes que llegan al cuerpo de agua son tales que superan el umbral de contaminación, no pueden ser atacados y descompuestos por el número de microorganismos que habitan el cuerpo de agua, dichos contaminantes permanecen en el cuerpo de agua y evitan el crecimiento de la flora y la fauna natural. (Ferrero, 1974; ASTM, 1976)

1.4.1.2. *Contaminación artificial o antropogénica.*

Gloyna (1973) y Flores (1995), mencionan que las causas de contaminación artificial pueden darse por medio de

- ***Descargas Domésticas.*** Gran parte de los desperdicios sanitarios generados por la población son descargados en los cuerpos de agua contaminándolos. Por otra parte, aún los desperdicios generados por la población que cuenta con alcantarillados sanitarios no siempre reciben el tratamiento adecuado y son depositados en los cuerpos de agua contaminándolos.
- ***Descargas Industriales.*** Las industrias descargan sus desperdicios líquidos a los cuerpos de aguas superficiales. La mayoría de las industrias se encuentran ubicadas donde la mayor parte de la población reside.
- ***Desperdicios Agrícolas.*** Los desperdicios provenientes de granjas porcinas, avícolas y lecheras constituyen las principales fuentes de contaminación agrícola en los cuerpos de agua. Los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cuerpos de agua contaminándolos, los compuestos orgánicos presentes en estos contaminantes son tóxicos y causan frecuentemente la muerte a la vida acuática.
- ***Sedimentación y Erosión.*** Los sedimentos arrastrados por la erosión contribuyen en forma significativa al deterioro de las aguas superficiales. Los sedimentos provienen principalmente de los terrenos cultivados, de terrenos no protegidos en los bosques, etc.

En El Salvador las enfermedades asociadas con el agua y el saneamiento están entre las principales causas de morbilidad y mortalidad infantil. (Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social UNICEF, 1998)

1.5 Tipos de contaminantes del agua

Según Albert, (1990) y López *et al* (1997), el problema de la contaminación es múltiple y se presenta en formas muy diversas, con asociaciones y sinergismos difíciles de prever. Pero las principales consecuencias biológicas de las contaminaciones derivan de sus efectos ecológicos. En general, se habla de tres tipos básicos de contaminación.

1.5.1 Contaminantes biológicos. Es la contaminación producida por microorganismos patógenos, incluyen hongos, bacterias y virus que provocan enfermedades, algas y otras plantas acuáticas. Algunas bacterias son inofensivas y otras participan en la degradación de la materia orgánica contenida en el agua.

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

1.5.3 Contaminantes químicos. Producidas por productos químicos con diferentes niveles de toxicidad. Incluyen compuestos orgánicos e inorgánicos disueltos o dispersos en el agua.

1.5.3.1 Los contaminantes inorgánicos: son diversos productos disueltos o dispersos en el agua que provienen de descargas domésticas, agrícolas e industriales o de la erosión del suelo.

1.5.3.2 Los contaminantes orgánicos: también son compuestos disueltos o dispersos en el agua que provienen de desechos domésticos, agrícolas, industriales y de la erosión del suelo. Son desechos humanos y animales, de rastros o mataderos, de procesamiento de alimentos para humanos y animales, diversos productos químicos industriales de origen natural como aceites, grasas, breas y tinturas, y diversos productos químicos sintéticos como pinturas, herbicidas, insecticidas, etc.

Turk *et al* (1973), mencionan que una de las áreas de mayor atención en los estudios de la contaminación ambiental es la relacionada con los sistemas acuáticos, ya que tradicionalmente han sido utilizados como receptores de los desechos industriales y aguas de residuo, deteriorando consecuentemente su calidad. Ello pone en peligro la salud pública, la flora y fauna asociados a estos ecosistemas.

1.6 Contaminación de las aguas superficiales.

Uno de los principales problemas ecológicos de nuestro país es el deterioro tanto de la calidad y cantidad del agua, principalmente en los ríos, ya que son utilizados como descarga y vehículos de residuos, tanto agroindustrial como domésticos y municipales; lo que trastorna los principios básicos del equilibrio natural; y como consecuencia la salud pública se encuentra más deteriorada que en épocas anteriores. (Martínez y Navarro, 2001)

Flores (1995), menciona que las aguas negras de las ciudades más grandes, entre ellas San Miguel, no presentan tratamiento en sus descargas a los cuerpos de agua, por lo que la contaminación de los ríos, puede ir en aumento.

1.7 Contaminación del Río Grande de San Miguel

En los pocos estudios realizados en el Río Grande de San Miguel se han podido determinar algunos de los factores de contaminación que existen en el río, estos han facilitado que las autoridades en algún momento determinen medidas de mitigación en cuanto a la contaminación. En un estudio realizado por la Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) en 1997 determinaron como fuentes de contaminación del Río Grande de San Miguel las siguientes:

- ❖ Vertido de aguas residuales de la ciudad de San Miguel y poblaciones aledañas
- ❖ Desechos de ganado dispersos por toda el área.
- ❖ Desechos del procesamiento de la caña de azúcar y el café.

El Ministerio de Salud Pública y otros, en el año 2000 elaboraron un estudio de Consulta Territorial sobre la salud en tres Municipios del Departamento de San Miguel, en el que se reportan gran cantidad de enfermedades gastrointestinales. Se cree que la causa principal está relacionada con el agua que ingieren o con condiciones de saneamiento deficiente. (Espinal, 1993)

1.8 Principales Contaminantes del Agua

Uno de los parámetros principales o formas básicas para determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua es el número de bacterias coliformes existentes.

Cuadro 1: Organismos específicos que han sido empleados o propuestos como indicadores de la contaminación humana.

Organismo indicador	Características
Bacterias coliformes	Especie de organismos que pueden fermentar lactosa con generación de gases a $35 \pm 0,5$ °C
Bacterias coliformes fecales	Se estableció un grupo de coliformes fecales en función de la capacidad de generar gas (o colonias) a una temperatura de incubación de elevada ($44,5 \pm 0,2$ °C durante 24 ± 2 h)
<i>Escherichia coli</i>	La <i>E. coli</i> es parte de la población Bacteriana y es el género de coliformes más representativos de las fuentes de contaminación fecal.

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. (OPS/OMS) 1999

1.8.1 Número de bacterias Coliformes existentes

El número de bacterias coliformes existentes en los intestinos de los animales de sangre caliente y en los suelos indica la probabilidad de que los cuerpos de agua contengan contaminantes patógenos. Las principales fuentes de bacterias coliformes son las descargas sanitarias, tanto de hogares y negocios, como de sistemas municipales de recolección de aguas usadas. (OPS/OMS, 1999)

1.8.2 Generalidades de las bacterias

1.8.2.1 Coliformes Totales

Son definidos como bacilos gramnegativas cortos, aerobios o anaerobio facultativos no formadoras de esporas, que fermentan la lactosa con formación de gas cuando se incuban 24-48 hrs. a una temperatura de 35 °C (APHA, 1986). Cuando crecen *in vitro* sobre medio sólidos se observa la morfología características (Atlas, 1995; Harley *et al*, 1996 y Butel *et al*, 1999) su hábitad natural es el intestino de humanos y animales de sangre caliente se encuentran entre las bacterias patógenas más comunes. Esta familia incluye muchos géneros (por ejemplo, *Escherichia*, *Shigella*, *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Serratia*, *Proteus* y otros) (Kobayashi *et al*, 1997 y Butel *et al*, 1999)

1.8.2.2 Coliformes Fecales

Las bacterias Coliformes Fecales son un subgrupo de las bacterias Coliformes Totales, y tiene las mismas propiedades, excepto que toleran y crecen a una temperatura mayor; 44- 44.5 °C y producen Indol a partir del Triptófano (APHA, 1986). Representan las fracciones de coliformes, en general, procedentes de intestinos y materias fecales de hombre y animales de sangre caliente. (Coliformes termotolerantes) Esto provee información importante sobre la fuente y el tipo de contaminación presente (Internet³; Atlas, 1995 y Harley *et al*, 1996)

1.8.2.3 *Escherichia coli*

La *Escherichia coli* es una bacteria del grupo de Coliformes Fecales y forma parte de la flora bacteriana fecal de los organismos de sangre caliente (APHA, 1986). Son bacilos rectos de 1.1-1.5 µm de ancho por 2-6 µm de largo (Basualdo *et al*, 1996) El género *Escherichia* contiene 5 especies siendo la principal *Escherichia coli* la otras especies son *E. blattae*, *E. fergusonii*, *E. hermannii* y *E. vulneris*. (Nester *et al*, 1982 y Basualdo *et al* 1996)

1.9 Calidad de agua de los ríos.

El alto nivel de contaminación de las aguas en El Salvador es un problema que está relacionado a la contaminación proveniente de aguas servidas de casas particulares, municipales e industriales, de desechos sólidos, de sedimentación y de actividades agrícolas; por lo que la calidad del agua de la mayoría de los ríos del país está siendo alterada por la presencia de estos contaminantes de tal manera que son considerados inservibles para muchos usos (Landafuerte, 1969 & Camacho *et al.* 1998).

Para evaluar la calidad sanitaria del agua de consumo se usan como indicadores los organismos coliformes; cuya presencia en el agua es prueba de que se encuentra contaminada con materia fecal (Nester *et al.*, 1982 y OMS, 1995); asimismo, si la higiene y salud pública son escasas, el microbio se excreta por las heces en número suficiente. (Mims *et al.*, 1999)

Cuadro 2: Organismos indicadores empleados para la determinación de los criterios de rendimiento para diferentes usos del agua.

Uso del agua	Organismo indicador
Agua potable	Coliformes totales
Actividades lúdicas en agua dulce	Coliformes fecales E. coli Enterococos
Actividades lúdicas en agua salada	Coliformes fecales Coliformes totales Enterococos
Zona de crecimiento de moluscos	Coliformes totales Coliformes fecales
Irrigación agrícola	Coliformes totales (aguas reutilizadas)
Desinfección de afluentes de aguas residuales	Coliformes totales Coliformes fecales

Fuente: Organización Panamericana de la Salud. (OPS/OMS) 1999

1.10 Legislación

Es importante recalcar que existen alternativas para controlar la contaminación mediante leyes y reglamentos y son los encargados de tomar las decisiones quienes deben examinar la situación. La ley General del Medio Ambiente plantea en el artículo 70 literal

d) que es deber del estado asegurar la cantidad y calidad del agua, mediante un sistema que regule sus diferentes usos. El Reglamento Especial de Sustancias, Residuos y Desechos Peligrosos permite garantizar que las aguas residuales se mantengan dentro de los niveles establecidos en las normas técnicas de calidad ambiental. El Reglamento General de la Ley del Medio Ambiente describe en el artículo 14.-en el que los análisis de Coliformes Fecales serán obligatorios cuando las aguas residuales fueren vertidas en medios receptores de agua utilizados para actividades recreativas de contacto primario, acuicultura o pesca; por otra parte el Reglamento Especial de Normas técnicas de Calidad Ambiental en el Art. 20.- establece que para la descarga de aguas residuales se establecerá, según lo dispuesto en este reglamento, la norma de calidad que contenga los límites permisibles, prevaleciendo el principio de precaución a la contaminación del medio que servirá de receptor de la misma.(MARN,2000)

Existe un gran número de instrucciones legales y reglamentos disponibles para prevenir y controlar la contaminación del agua que deben ser examinados y aplicados para mitigar el problema de la contaminación de las aguas superficiales.

1.11 Técnicas para determinar la contaminación.

Según Dutka (1989), para poder realizar un estudio microbiológico existen diferentes técnicas tales como:

- ❖ Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples.
- ❖ Técnicas de Filtro de Membranas
- ❖ Técnicas de Conteo en Placas

Pero la más utilizada es la primera, debido a que es la más adecuada en cuanto a la observación directa de la producción de gas por las bacterias.

Un método muy utilizado para el recuento de coliformes en agua ha sido siempre el Número mas Probable (NMP), pero han ido variando los medios de cultivo, las condiciones y las técnicas de manera de obtener cada vez mayor sensibilidad y precisión hasta hacerlo aceptable como método Standard. Los distintos métodos de NMP para Coliformes Totales se basan, en primera instancia, en una selección de los microorganismos que producen ácido y gas de lactosa a 35.5 °C. Por ello, el primer paso es siempre la siembra en tubos de algún caldo lactosado, con o sin inhibidores, con tubo de fermentación para recoger el gas que pueda producirse. A esto le sigue una confirmación en un medio líquido selectivo y/o una determinación de los Coliformes Fecales cuya

diferenciación se realiza basándose en el hecho de que pueda producir gas de lactosa en un medio apropiado cuando se incuba a 44.5 °C mientras que los demás coliformes no se desarrollan. (Internet³; Harley *et al*, 1996)

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1.1 UBICACION GEOGRAFICA

El Departamento de San Miguel, cuenta con una superficie de 2,077.1 km², y una población de aproximadamente 463,049 h. Su cabecera departamental es la ciudad de San Miguel; además, cuenta con 20 municipios. (Atlas Geográfico Universal, 1998)

El municipio de San Miguel se encuentra situado en un valle, al **Noreste** del volcán Chaparrastique, su posición geográfica es 13°28'57" Latitud **Norte** y 88°10'48" Latitud **Oeste**, a una altura de 115 m.s.n.m. y 136 Km. al **Este** de la ciudad de San Salvador. Esta limitado por los siguientes municipios; al **Norte** por Yamabal, en el Departamento de Morazán; al **Este** por El Carmen, Yayantique, Departamento de la Unión y Uluazapa, Departamento de San Miguel; Al **Sur** por Chirilagua, Departamento de San Miguel y Jucuarán, Departamento de Usulután; al **Oeste** por Quelepa, Chinameca y San Jorge, Departamento de San Miguel (Instituto Geográfico Nacional, 1986)

El Río Grande de San Miguel, se encuentra ubicado a lo largo del municipio de San Miguel, cuenta con una longitud total de aproximadamente 120 Km., se forma por la unión de los Ríos Guayabal y Las Cañas, 6.7 Km. al **N** de la ciudad de San Miguel; Corre de **Norte** a **Sur** y desemboca en la Bahía de Jiquilisco. Tiene un área de captación de 2,247 Km². De acuerdo con las condiciones topográficas de la cuenca ésta se subdivide en tres secciones: Cuenca alta, Media y Baja (JICA, 1997).

La Cuenca Media comienza donde los Ríos Guayabal y Río las Cañas convergen, para formar el Río Grande de San Miguel; y finaliza donde desemboca el Río Desagüe de La Laguna de Olomega en el municipio El Delirio (Instituto Geográfico Nacional, 1986)
Fig. 2

2.1.2 *Delimitación del área de estudio*

El área de estudio fue delimitada a la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Por la extensión y número de subcuencas que constituyen el Río Grande de San Miguel, y debido a su importancia en la concentración de núcleos poblacionales y número de afluentes que posee, la cuenca media tiene una longitud de 48,488.9 M y un área de 847.9 Km². Dentro de este se encuentra todo el municipio de San Miguel, y las subcuencas

seleccionadas recogen las aguas residuales de 7 municipios del Departamento de San Miguel, 3 de Morazán y 4 de La Unión (MARN, 2003), donde todas las aguas residuales y domésticas son vertidas al río, por lo que se consideró como punto estratégico, estudiar la zona de mayor riesgo de contaminación y con mayor frecuencia de uso. Por lo que se creyó necesario conocer el grado de contaminación que el río transporta desde la cuenca alta a la cuenca media en cuanto al grado de contaminación de coliformes con que entra a la cuenca baja. (Instituto Geográfico Nacional, 1986).Fig. 1

2.1.3 Localización y descripción de los sitios de muestreo. El muestreo consta de 18 puntos, ubicados en 9 sitios de muestreos (ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel), los puntos de muestreo fueron ubicados uno a 10 m antes de la descarga del río afluente y el segundo a 100 m después de la descarga de cada uno de los sitios de muestreo. Fig. 2

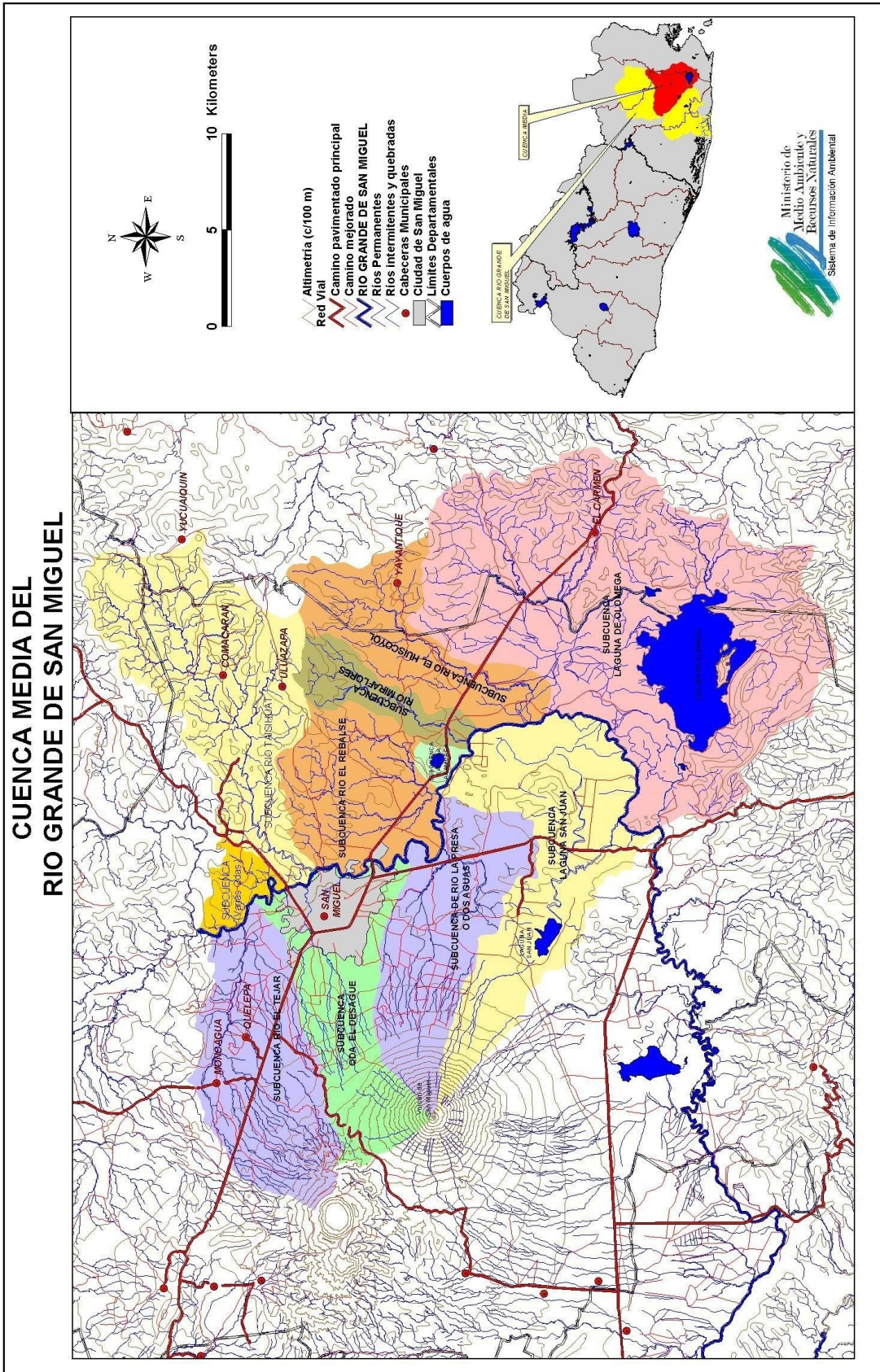


Fig.1: Delimitación de la cuenca del río Grande de San Miguel.
Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Renovables

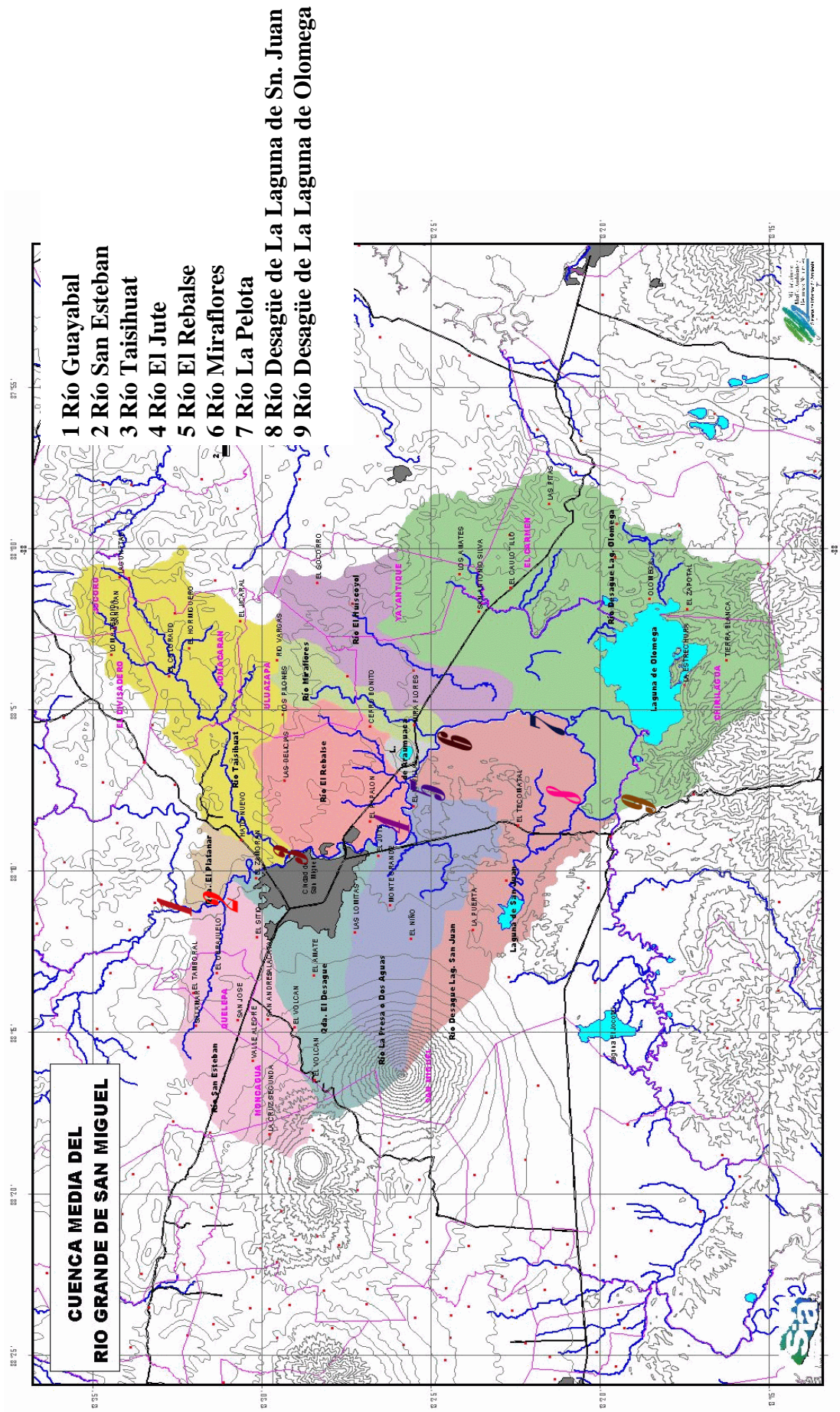


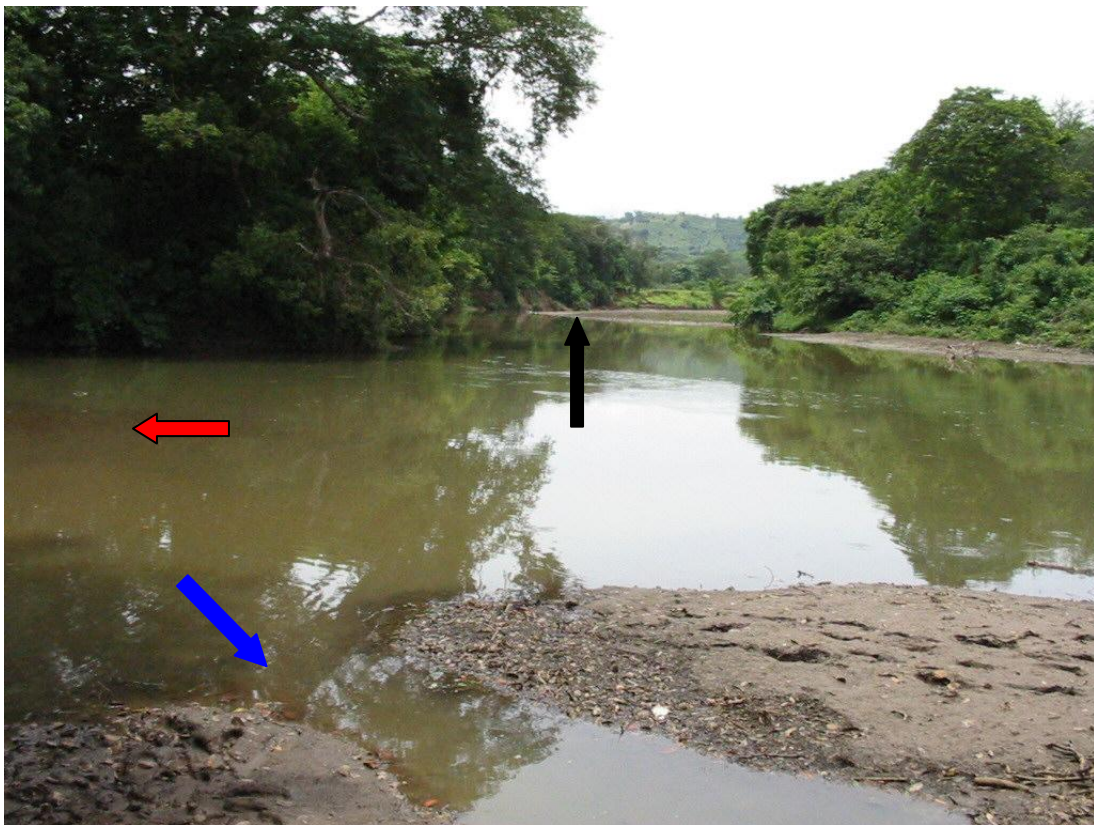
Fig.2. ubicación de los sitios de muestreo en la cuenca media del río grande de San Miguel.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Renovables

Sitio de muestreo N°1

El primero fue ubicado donde convergen los Ríos Guayabal y las Cañas, corresponde a la parte superior de la cuenca media. El Río Cañas (flecha roja) pertenece al municipio y Departamento de San Miguel. Se forma de la unión de los Ríos Amates y Villerias, 9.0 Km. al N de la ciudad de San Miguel; corre de N a S y al unirse con el Río Guayabal o San Antonio Chávez (flecha negra) dan origen al Río Grande de San Miguel. (Flecha azul)

El Río Guayabal posee un caudal amplio y se caracteriza por no poseer grupos poblacionales en sus riberas, es utilizado para la pesca, usos domésticos y como balneario.



Sitio de muestreo N° 2

Es el sitio donde desemboca el Río San Esteban (flecha roja), este pertenece a los municipios de San Miguel y Quelepa, Departamento de San Miguel. Se forma de la unión del Río El Tejar y la quebrada Agua Zarca 7.0 Km. al NW de la ciudad de San Miguel; corre de W a E y desemboca en el Río Grande de San Miguel (flecha azul) con una longitud de 5.0 Km.

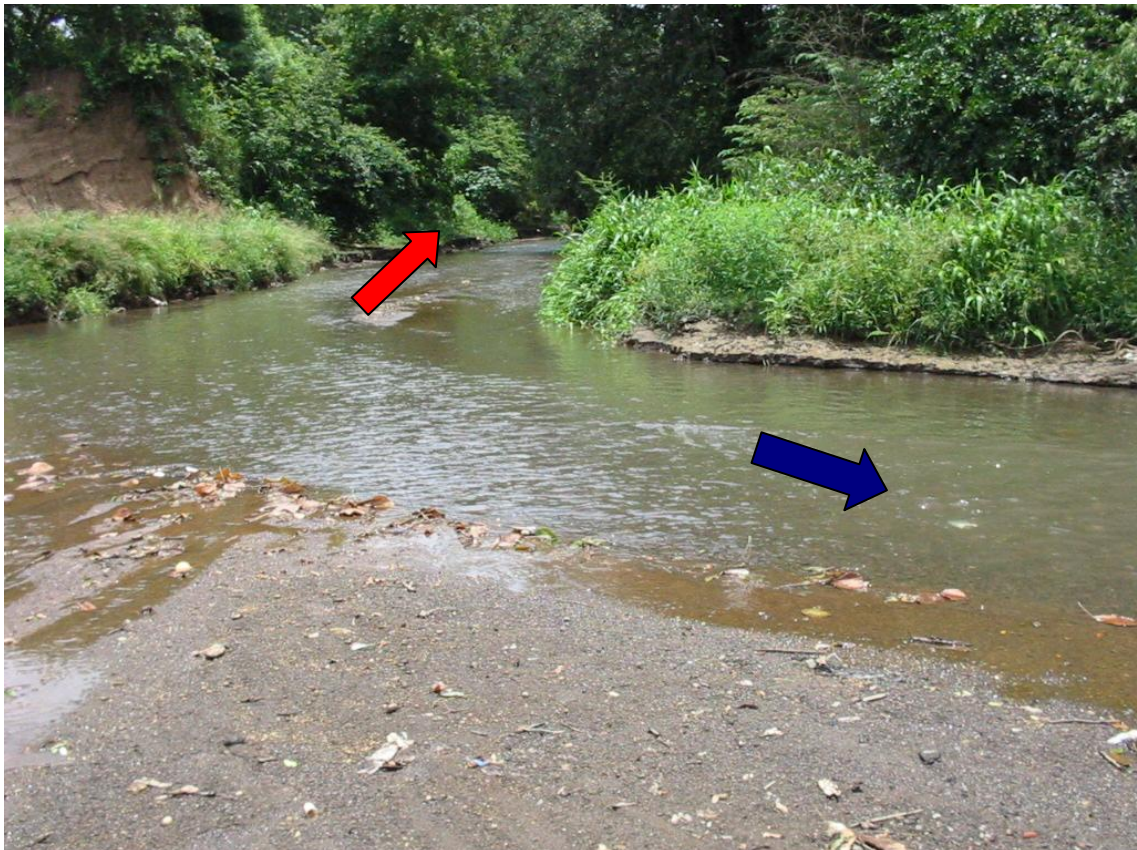
El Río San Esteban presenta pequeños grupos poblacionales en sus riberas, los que utilizan este sitio para la pesca, balneario y actividades domesticas; Además, se observa que el recorrido de las aguas es lento.



Sitio de muestreo N° 3

Corresponde al sitio de desagüe del Río Taisihuat (flecha roja), este río pertenece al municipio de San Miguel, Departamento de San Miguel, se forma de la unión de los ríos las Garzas y Comacarán, 10.9 Km. al NE de la ciudad de San Miguel; corre de NE a SW y desemboca en el Río Grande de San Miguel (flecha azul)

Es un río no muy caudaloso, en sus alrededores se observan granjas porcinas y asentamientos de grupos poblacionales, además de ser utilizado para descargar los desechos de estas granjas, lo utilizan para la pesca.



Sitio de muestreo N° 4

Sitio donde desemboca el Río El Jute (flecha roja), pertenece al Municipio y Departamento de San Miguel, se forma de la unión de las Quebradas: Ojo de Agua y el Gomes o Los Coyotes, 5.0 Km. Al S de la ciudad de San Miguel; corre de NW. a SE. es conocido, además, como Río La Presa o Dos Aguas, posee una long. de 4.0 Km. y desemboca en el Río Grande de San Miguel (flecha azul)

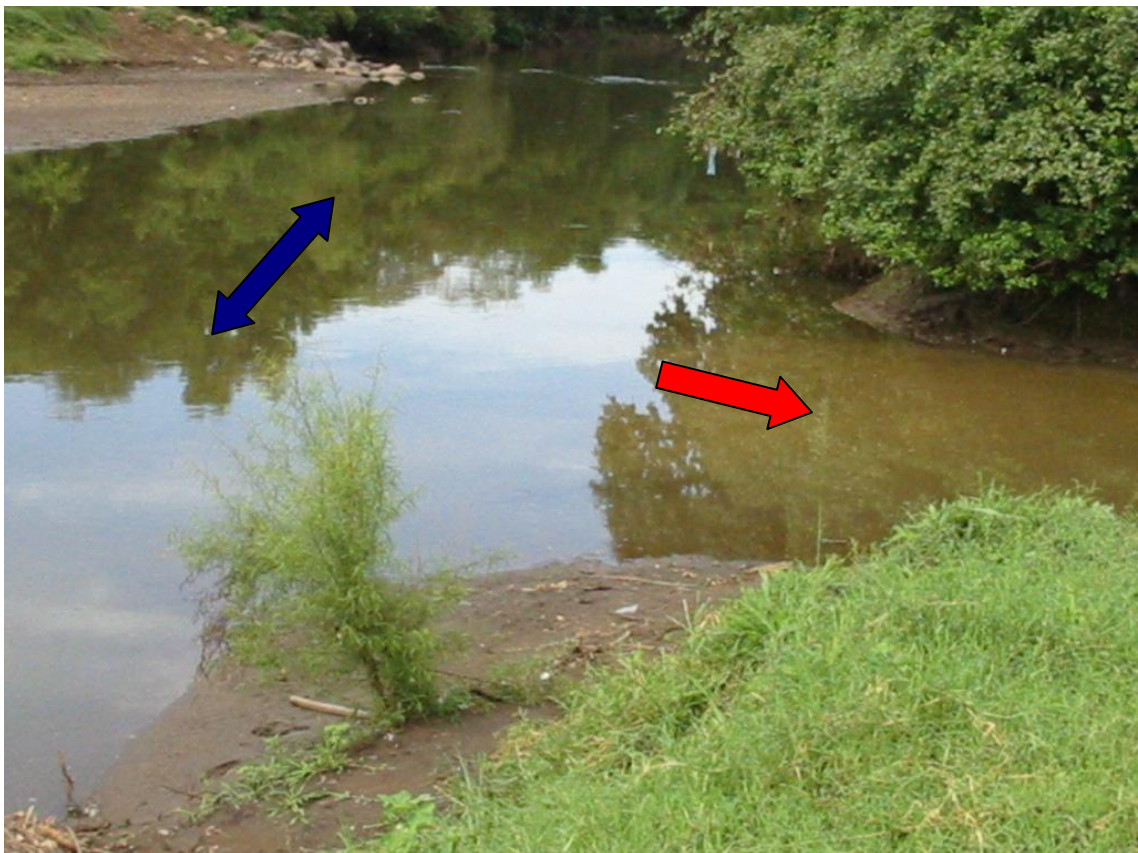
Es un río poco caudaloso, éste sitio de muestreo se encuentra en la zona industrializada de San Miguel, a sus alrededores se encuentran ingenios y ganaderías; asimismo las descargas de aguas negras de las colonias de San Miguel. El río es utilizado para la pesca y recreación.



Sitio de muestreo N° 5

El sitio de desembocadura del Río El Rebalse (flecha roja), con una longitud de 4.5 Km. este se localiza en el municipio y Departamento de San Miguel. Nace a 8.5 Km. al E de la ciudad de San Miguel; corre de N a S y desemboca en el Río Grande de San Miguel (flecha azul)

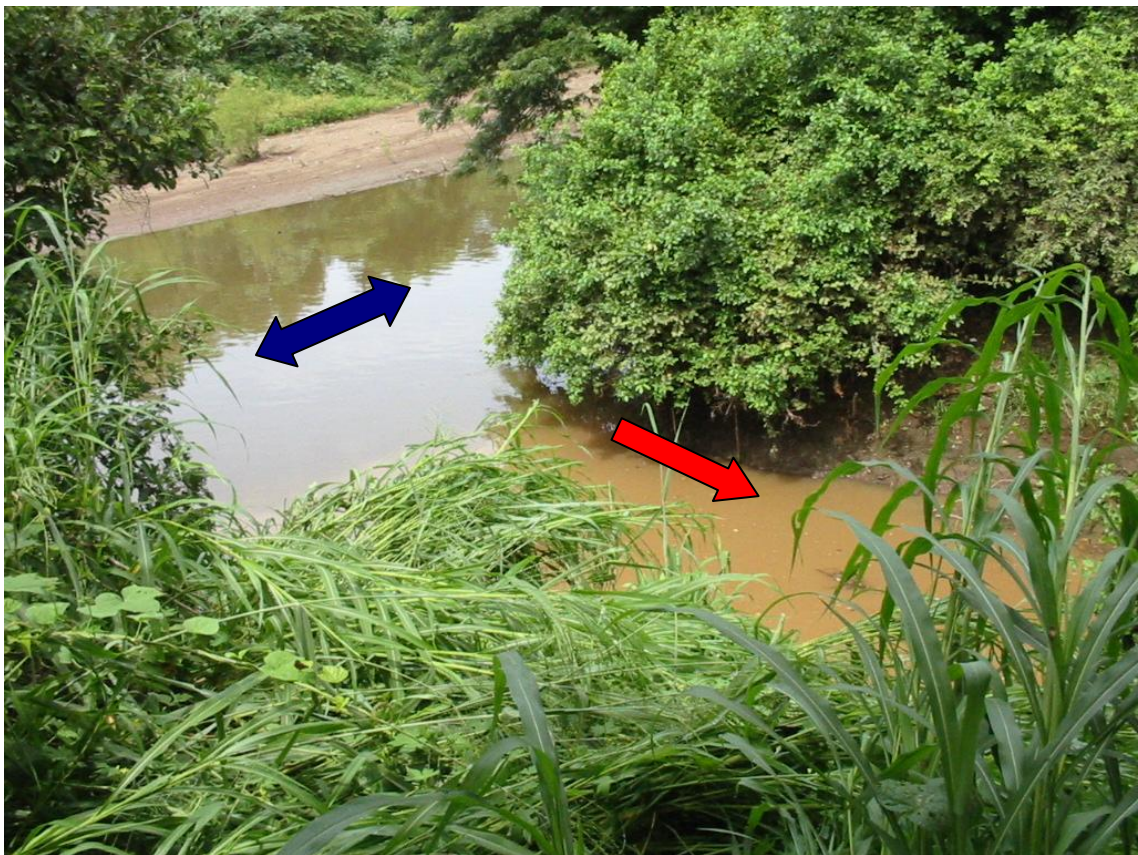
En este sitio se observan grupos poblacionales en sus riberas y alrededores, es poco caudaloso, lento y es utilizado para la pesca.



Sitio de muestreo N° 6

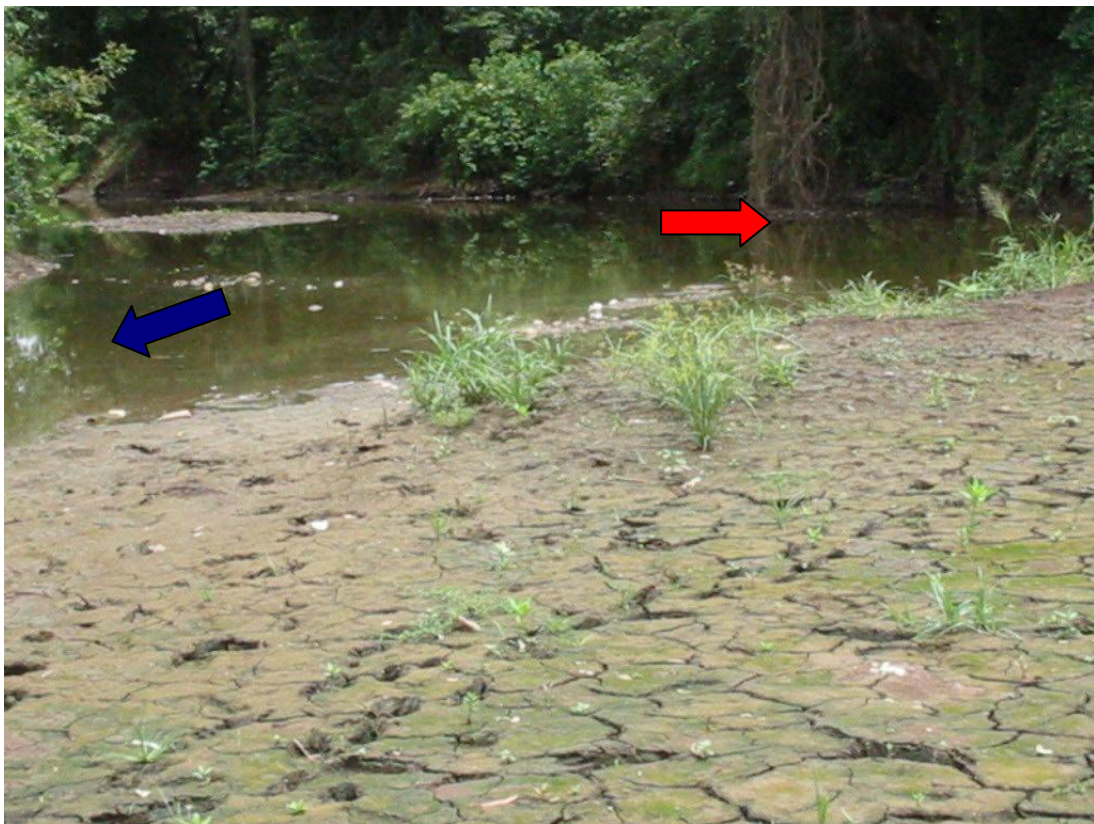
Lugar donde desemboca el Río El Níspero o Miraflores (flecha roja), con una Longitud de 11.5 Km. se sitúa en los municipios de Uluazapa y San Miguel, Departamento de San Miguel. Nace 2.0 Km. al S de la vía de Uluazapa; Corre de N a S y vacía sus aguas en el Río Grande de San Miguel (flecha azul)

Se caracteriza por ubicarse en una zona ganadera, y del cual los pobladores hacen uso para la pesca y actividades domésticas. Es poco caudaloso y su recorrido es lento.



Sitio de muestreo N° 7

Río La Pelota (flecha roja), es el río del Municipio y Departamento de San Miguel. Nace a 20.0 Km. Al SE de la ciudad de San Miguel; corre de S a N con una longitud de 5.1 Km. y vacía sus aguas en la cuenca media del Río Grande de San Miguel (flecha azul). Presenta muy poca población en sus riberas, además hace su recorrido sobre terrenos baldíos. En el punto de descarga se observaron actividades como la pesca y actividades domesticas.



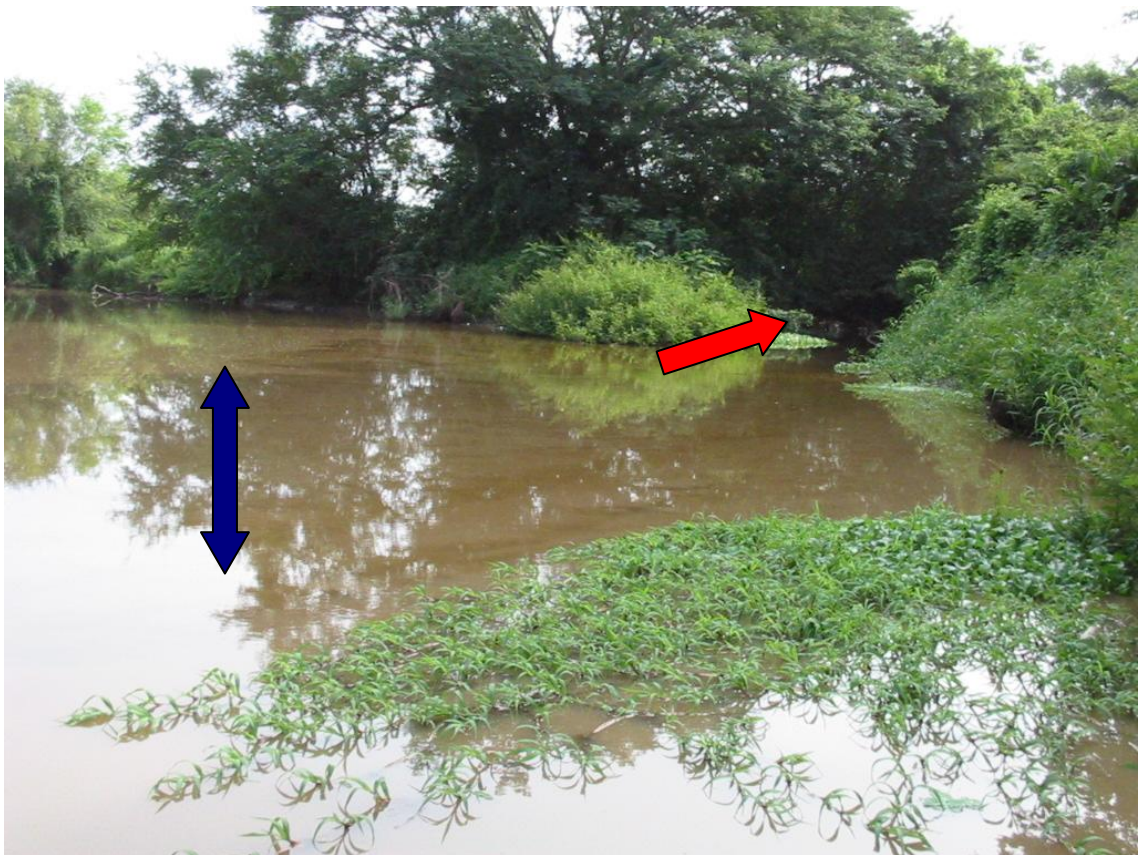
Sitio de muestreo N° 8

Sitio de desembocadura del Río desagüe de la Laguna de San Juan (flecha roja) en el Río Grande de San Miguel (flecha azul). Es un río poco caudaloso de aguas muy lentas, se encuentra ubicado en zona ganadera y a lo largo de su recorrido se localizan núcleos poblacionales que hacen uso para la pesca y actividades domésticas.



Sitio de muestreo N° 9

Se localiza en la parte inferior de la cuenca, donde se sitúa en el punto de culminación de la cuenca media, el Río Desagüe de la Laguna de Olomega (flecha roja) se une al Río Grande de San Miguel (flecha azul). A lo largo de su recorrido no se observan grupos poblacionales en sus riberas, pero es utilizado para la pesca, riego y actividades recreativas. En este sitio se observan pendientes y la velocidad de las aguas es rápida.



2.2 METODOLOGIA DE CAMPO

2.2.1 Tipo de estudio

De acuerdo con el tema y los objetivos planteados, el estudio fue de tipo analítico, se señala como analítico porque las muestras fueron sometidas a estudios de medición cualitativa y comparativa para conocer la concentración de Coliformes Totales, mediante el NMP. Además, se cuantificó la presencia y concentración de Coliformes Fecales y colonias típicas de *Escherichia coli*, mediante la técnica de Recuento Total Bacteriano.

2.2.2 Número de Muestras

Las muestras a analizar fue el agua que corre sobre la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Se determinaron 9 sitios de muestreos, (ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel) en toda la cuenca media; en cada sitio se estableció dos lugares de muestreo, el primer lugar situado a 10 metros de la parte superior de la descarga del afluente y el segundo lugar a 100 metros en la parte inferior de la descarga del afluente, por lo que en un muestreo se obtuvieron un total de 18 muestras, de acuerdo con los puntos de muestreo asignado. Se realizó 1 muestreo por mes, obteniendo un total de 72 muestras durante el estudio.

2.2.2.1 Cantidad de agua por muestra

Se obtuvo una muestra de 100 mL de agua, cantidad de agua necesaria para hacer los dos tipos de análisis microbiológicos: La Técnica de Tubos Múltiples de Fermentación por el Método del Número mas Probable (MPN/100 mL) y el recuento Total Bacteriano (RTB), expresado en Unidades formadoras de Colonias (UFC/100 mL) con este volumen se realizó una agitación vigorosa para homogenizar la muestra, al momento de hacer los análisis microbiológicos. Las muestras fueron tomadas en frascos de vidrio previamente esterilizados en un Autoclave y se sumergieron hasta una profundidad de 15-30 cm. aproximadamente, con el cuello hacia abajo y la boca en dirección contraria a la corriente en la parte de la orilla del río. (Dutka, 1986)

2.2.3 Conservación y transporte

Una vez que las muestras habían sido tomadas estas fueron conservadas a una temperatura de 4 °C durante el traslado al laboratorio. Según Dutka (1986) Los análisis

correspondientes se realizaron en los laboratorios de Microbiología de la Escuela de Biología (UES)

2.2.4 *Tiempo de muestreo*

El trabajo de investigación se ejecutó durante los meses de Julio a Octubre del año 2002 en época lluviosa, realizando un muestreo por mes.

METODOLOGIA DE LABORATORIO

Las técnicas aplicadas en los análisis microbiológicos son conocidas como “Tubos Múltiples de Fermentación por el Método del Número Más Probable (NMP)” y “Recuento Total Bacteriano (RTB)” la cual comprenden análisis cualitativos y cuantitativos. Este método es recomendado por la APHA, 1986 para análisis de Coliformes Totales y Fecales en el agua.

3.1 Técnicas de laboratorio

3.1.1 *Fermentación de Tubos Múltiples*

Esta técnica se realizó por triplicado por los volúmenes de 10ml, 1 mL y 100 µl de muestras de agua cultivadas en caldo lactosado de concentración simple y doble con campana de Durham invertido incubándose por 24 a 48 hrs. La técnica comprende las siguientes pruebas. (Durkan1989 y Moe 1992)

- Presuntiva
- Confirmativa
- Complementaria

Para obtener el NMP, se aplicó la prueba presuntiva, ya que no se hace necesario la aplicación de las otras pruebas, permitiendo de esas forma precisión, economía y confiabilidad (Moe, 1992)

Prueba Presuntiva.

En el medio de cultivo consistente de caldo lactosado esterilizado en autoclave a 120 libras de presión por 15 minutos se procedió a inocular las muestras de agua. De la siguiente manera (Fig.3) 3 tubos de ensayo con caldo lactosado de concentración doble se inocularon con una alícuota de 10 mL de la muestra, otros 3 tubos 1 mL de agua y los otros 3 tubos se les inocularon 100 µl de la muestra. Cada tubo de ensayo contenía 15 mL de caldo lactosado, y un tubo de Durham en posición invertida; Las muestras se incubaron por 24-48 hr. en una estufa a 35 ± 0.5 °C.

Los tubos fueron examinados a las 24 ± 2 hr. Se tomaron como positivos aquellos que tenían presencia de gas evidenciando en el tubo de fermentación Durham. Los tubos negativos, continuaban en incubación hasta completar las 48 hr. En que se procedía nuevamente a examinar la presencia de gas.

3.1.2 Recuento en Placa(Recuento Total Bacteriano RTB)

La muestra de agua de cada uno de los sitios de muestreo fue diluida en proporciones de $1/10$ (1/10, 1/100, 1/1000) las muestras fueron diluidas en agua destilada y estéril, inoculándolas en cajas petri conteniendo Agar MacConkey en fase líquida de la siguiente manera. (Fig. 4) Todas las cajas petri se rotularon con el número de la muestra y con el número de factor de dilución respectivamente. Luego se preparaban tres cajas petri estériles conteniendo Agar MacConkey y se procedió a inocular las diluciones anteriores. Se le colocaba en la primera 1 mL de la muestra diluida (1: 10) luego en la segunda se colocara 1ml de la dilución correspondiente (1:100) y en la tercera 1 mL de la perteneciente dilución (1:1000) el inóculo sembrado se mezclaba en forma rotativa en la mesa para distribución homogénea de la muestra con el medio de cultivo. Todas las cajas que se inoculaban contenían 5 mL de Agar MacConkey para métodos estándar.

Todos los cultivos posibles de dilución se dejaron solidificar durante un tiempo necesario de 20 minutos, las cajas de petri fueron colocadas en posición invertida en una estufa a una temperatura de $45 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ por 48 ± 2 horas. Posteriormente se examinaron las cajas petri que presentaron entre 30- 300 colonias individuales de Coliformes Fecales y colonias típicas de *Escherichia coli*.

Técnica Tubos Múltiples de Fermentación

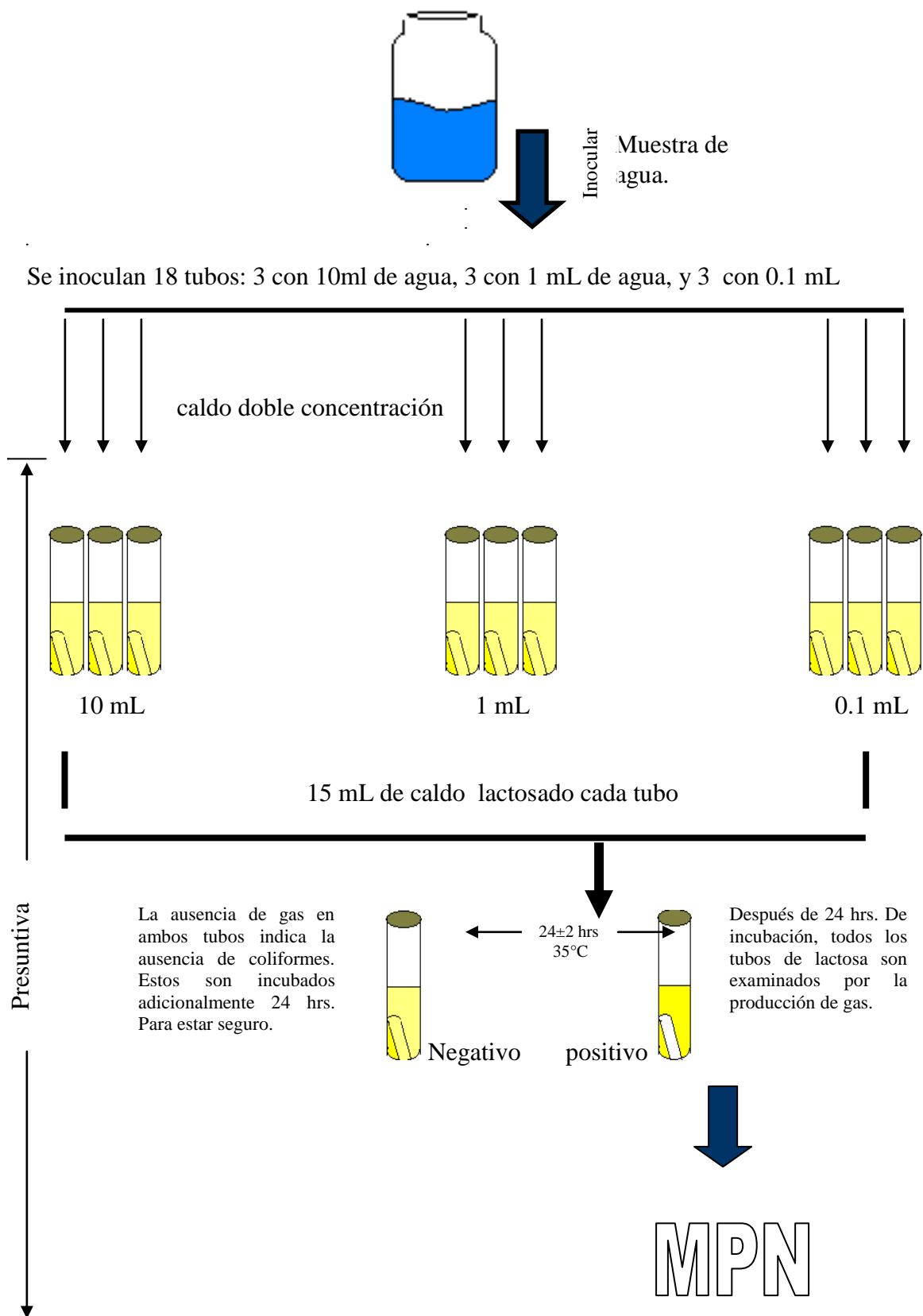


Fig. 3. Técnica de Tubos Múltiples de Fermentación
Fuente: HARLEY, 1995.

Técnica de Recuento Total Bacteriano

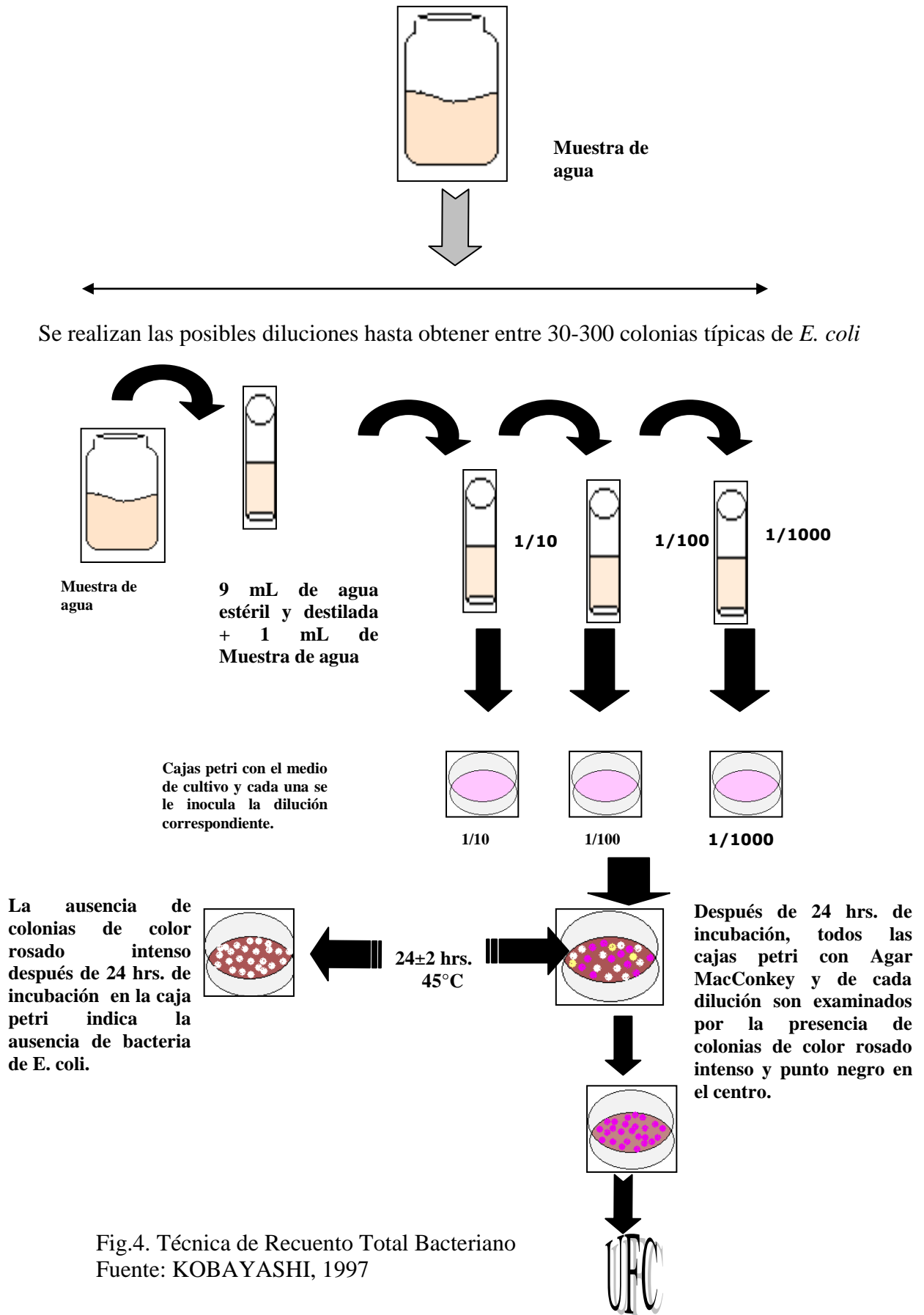


Fig.4. Técnica de Recuento Total Bacteriano
Fuente: KOBAYASHI, 1997

3.2 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

3.2.1 *Número Más Probable de coliformes en 100 mL (NMP/100 mL)*

Para determinar el Número más probable de Coliformes (MPN/100 mL) y conocer la concentración de Coliformes Totales se utilizó una tabla asignada para una serie de 3 tubos con un límite de confianza de 95%. (APHA; 1986) en la que se establece el Número más Probable de Coliformes en 100 mL (MPN/100 mL), a partir de los tubos de fermentación de la prueba presuntiva, para lo cual se utilizaron combinaciones de resultados positivos en los tres grupos de diluciones antes mencionados. (Dutka, 1989 & Moe, 1992)

3.2.2 *Recuento Total Bacteriano de Coliformes Fecales (RTB)*

Para el recuento de colonias de Coliformes Fecales y bacterias típicas de *Escherichia coli* se utilizó un contador Québec, posteriormente se realizó la respectiva conversión multiplicando el número de colonias por el factor de dilución respectivo, para ser expresado en Unidades Formadoras de Colonias por 100 mililitros de agua (UFC/100ml) determinando la presencia y concentración de Coliformes Fecales, y colonias típicas de *Escherichia coli*.

3.3 DISEÑO ESTADÍSTICO.

En el trabajo de investigación se estudiaron dos factores: el primer factor fue los ríos afluentes al Río Grande de San Miguel (A) 9 ríos de estudio, y un segundo factor el Tiempo en que se realizó el muestreo (T) realizado en 4 meses.

Factor Afluente

El experimento consta de 9 tratamientos, cada tratamiento con dos observaciones.

Tratamientos

T₁ = Río Guayabal

T₂ = Río San Esteban

T₃ = Río Taisihuat

T₄ = Río El Jute

T₅= Río El Rebalse

T₆= Río Miraflores

T₇= Río Desagüe de La Laguna de Olomega

T₈= Río Desagüe de La Laguna de San Juan

T₉= Río Desagüe de La Laguna de Olomega

Observaciones

A = Punto 10 metros antes de que realice la descarga el río afluente al Río Grande de San Miguel

B = Punto 100 metros abajo de donde hace la descarga el río afluente a la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

Factor Tiempo

Para analizar el factor tiempo se estudiaron cuatro meses, con 2 observaciones del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

Tratamientos.

A = Mes de Julio

B = Mes de Agosto

C = Mes de Septiembre.

D = Mes de Octubre

Observaciones

A = Punto 10 metros antes de que realice la descarga el río afluente al Río Grande de San Miguel

B = Punto 100 metros abajo de donde hace la descarga el río afluente a la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

Unidad experimental

La unidad experimental fue el agua de la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

3.3.1 DISTRIBUCIÓN ESTADÍSTICA

Para analizar cada variable se aplicó un ANVA con Diseño estadístico de Bloques Completamente al Azar con Pruebas de Duncan cuando las variables resultaron ser estadísticamente significativo (Rodríguez, 1991) y (Guevara, 2002 Comunicación Personal)¹

El modelo matemático es como sigue:

$$Y_{ij} = \mu + \sigma_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

Donde

Y_{ij} = Cada una de las observaciones

μ = Media general del experimento

σ_i = Tratamiento

β_j = Bloques

ϵ_{ij} = Error Experimental

Distribución Estadística para el Análisis de Varianza es la siguiente:

<i>FV</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>
<i>Tratamiento</i>	<i>t-1</i>	$\sum_{i=1}^t \frac{y_i^2}{r} - \frac{y^2}{tr}$	$\frac{ScTrats}{t-1}$	$\frac{CMtrats}{CMEE}$
<i>Bloques (B)</i>	<i>r-1</i>	$\sum_{j=1}^r \frac{y_j^2}{t} - \frac{y^2}{tr}$	$\frac{ScB}{r-1}$	$\frac{CMB}{CMEE}$
<i>Error experimental (EE)</i>	<i>(t-1)(r-1)</i>	<i>Sc total</i> – (<i>Sc B</i> + <i>Sc t</i>)	$\frac{ScEE}{(t-1)(r-1)}$	
<i>Total</i>	<i>Tr-1</i>	$\sum_{i=1}^t \sum_{j=1}^r y_{ij}^2 - \frac{y^2}{tr}$		

Donde

T = Número de Tratamientos

r = Número de repeticiones por tratamiento.

¹ Ing. Ismael Guevara, 2002. Escuela de Agronomía. Docente de la cátedra de Diseño Experimental. UES. (San Miguel)

VARIABLES EN ESTUDIO

Las variables en estudio son las siguientes.

- a) Concentración de Coliformes Totales
- b) Concentración de Coliformes Fecales
- c) Concentración *Escherichia coli*

a) *Concentración de Coliformes Totales*

Para determinar la concentración de Coliformes Totales se utilizó la Técnica de Tubos Múltiples, y se tomaron como positivo todos aquellos tubos que poseían presencia de gas en el tubo de Durham. Después de verificar la presencia de coliformes se realizó el recuento de todos los tubos positivos para cada dilución utilizada y se procedió a utilizar la tabla estándar (cuadro 3) para conocer la concentración de Coliformes Totales por punto en el que se hizo el muestreo.

b) *Concentración de Coliformes Fecales*

La concentración de Coliformes Fecales se determinó por el conteo de colonias de bacterias que crecieron en cajas petri a una temperatura de 45°C, que contenía Agar MacConkey. Se contaron las cajas petri que contenía entre 30-300 colonias y se multiplicó por el factor de dilución respectivo.

c) *Concentración de Escherichia coli*

De las mismas muestras de agua utilizadas para la presencia de Coliformes Fecales se determinó la concentración de *Escherichia coli*, colonias de color rosado intenso. Se efectuó el recuento de colonias entre 30 a 300 colonias y se multiplicó por el factor de dilución empleado.

El ANVA fue utilizado para comparar cada uno de los sitios de muestreo seleccionado y encontrar el comportamiento que muestran con respecto a la concentración de Coliformes Totales y fecales; asimismo, para determinar la contribución de bacterias de cada río afluente a la cuenca media del Río Grande de San Miguel. También, se aplicaron pruebas de Duncan en aquellas variables que resultaron ser estadísticamente significativas.

Se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) para analizar el grado de asociación de los resultados que se obtuvieron en el Número de Coliformes Totales y el Número de Coliformes Fecales.

Formula

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

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

$\sum (X - \bar{X}) \cdot (Y - \bar{Y})$ = sumatoria de los productos $(X - \bar{X})$ por $(Y - \bar{Y})$

$\sum (X - \bar{X})^2$ = sumatoria de las desviaciones de X respecto a su media elevado al cuadrado

$\sum (Y - \bar{Y})^2$ = sumatoria de las desviaciones de Y con relación a su media elevada al cuadrado.

INTERPRETACIÓN DEL COEFICIENTE DE CORRELACIÓN (r)

Correlación	Grado de correlación	Relación entre las variedades
De 0.90 a 1.00	Muy alta	Muy intensa
De 0.70 a 0.90	Alta	Intensa
De 0.40 a 0.70	Moderada	Considerable
De 0.20 a 0.40	Baja	Hay correlación pero es pequeña
Inferior a 0.20	Muy Baja	La interdependencia entre las variables es casi insignificante.

Cuadro 3. MPN/100 mL, usando tres tubos cada inoculación con 10 mL, 1.0 mL y 0.1 mL.

tubos positivos				tubos positivos			
10 mL	1.0 mL	0.1 mL	MPN	10 mL	1.0 mL	0.1 mL	MPN
0	0	1	3	2	0	0	9
0	0	2	6	2	0	1	14
0	0	3	9	2	0	2	20
0	1	0	3	2	0	3	26
0	1	1	6	2	1	0	15
0	1	2	9	2	1	1	20
0	1	3	12	2	1	2	27
0	2	0	6	2	1	3	34
0	2	1	9	2	2	0	21
0	2	2	12	2	2	1	28
0	2	3	16	2	2	2	35
0	3	0	9	2	2	3	42
0	3	1	13	2	3	0	29
0	3	2	16	2	3	1	36
0	3	3	19	2	3	2	44
1	0	0	4	2	3	3	53
1	0	1	7	3	0	0	23
1	0	2	11	3	0	1	39
1	0	3	15	3	0	2	64
1	1	0	7	3	0	3	95
1	1	1	11	3	1	0	43
1	1	2	15	3	1	1	75
1	1	3	19	3	1	2	120
1	2	0	11	3	1	3	160
1	2	1	15	3	2	0	93
1	2	2	20	3	2	1	150
1	2	3	24	3	2	2	210
1	3	0	16	3	2	3	290
1	3	1	20	3	3	0	240
1	3	2	24	3	3	1	460
1	3	3	29	3	3	2	1100
				3	3	3	1100+

Fuente: From Jacobs and Gerstein's Handbook of Microbiology, D. Van Nostrand Company, inc., Princeton, NJ (1960) Reproduced by permission of the authors and publisher.

DISEÑO ESTADÍSTICO DE BLOQUE COMPLETAMENTE AL AZAR.

Cálculo del ANVA en Coliformes Totales antes de la descarga

a. Cálculo del Factor de Corrección (FC.)

$$FC = \frac{(\sum X_{total})^2}{N} \quad N = \text{Número Total de Datos}$$

$$FC = \frac{(6,688,000)^2}{36}$$

$$FC = 1.24 \times 10^{12}$$

b. Cálculo de Suma de Cuadrados de Tratamientos.

$$ScTr = \frac{\sum (XT_1)^2 + (XT_2)^2 + \dots (XT_9)^2}{R} - F.C \quad R = \text{Número de observaciones}$$

$$ScTr = \frac{\sum (3496900000)^2 + (5107600000)^2 + (21996100000)^2 + (118374000000)^2 + (299523000000)^2 + (3385500000000)^2 + (37822500000)^2 + (29920900000)^2 + (4040100000)^2}{4} - 124248000000$$

$$ScTr = \frac{7888410000000}{4} - 124248000000$$

$$ScTr = 729621000000$$

c. Cálculo de la Suma de Cuadrados de Bloques (SCB)

$$SCB = \frac{\sum (XB_1)^2 + (XB_2)^2 + \dots (XB_4)^2}{N} - F.C$$

$$SCB = \frac{\sum (1,877,000)^2 + (1040000)^2 + (1627000)^2 \dots (2,144,000)^2}{9} - 124248000000$$

$$SCB = \frac{118486000000000}{9} - 124248000000$$

$$SCB = 74028666667$$

d. Cálculo del Suma de Cuadrados Totales (ScT)

$$ScT = \sum X^2T - F.C$$

$$ScT = [(42,000)^2 + \dots (93,000)^2] - 124248000000$$

$$ScT = 232918000000 - 124248000000$$

$$ScT = 108670000000$$

e. Cálculo de Suma de Cuadrados de Error Estadístico (SCEe)

$$SCEe = SCT - (SCTr + SCB)$$

$$SCEe = 108670000000 - (729621000000 + 74028666667)$$

$$SCEe = 283051000000$$

GRADOS DE LIBERTAD

$$G. L. \text{ Trat.} = \text{Número de Trat.} - 1$$

$$= 9 - 1$$

$$= 8$$

$$G.L \text{ Bloq.} = \text{Número de Bloq} - 1$$

$$= 4 - 1$$

$$= 3$$

$$G.L. \text{ Total} = N \text{ Total} - 1$$

$$= 36 - 1$$

$$= 35$$

$$G.L. \text{ Error} = \text{gl Total} - (\text{gl Trat.} + \text{gl Bloq.})$$

$$= 35 - 11$$

$$= 24$$

CUADRADOS MEDIOS

Cuadrados Medios de Tratamientos (CMTr)

$$CMTr = \frac{SCTr}{gl}$$

$$CMTr = \frac{729621000000}{8}$$

$$CMTr = 91202590278$$

Cuadrados Medios de Bloques (CMB)

$$CMB = \frac{SCB}{gl}$$

$$CMB = \frac{74028666667}{3}$$

$$CMB = 24676222222$$

Cuadrados Medios de Error (CMEe)

$$CMEe = \frac{SCEe}{gl}$$

$$CMEe = \frac{283051000000}{24}$$

$$CMEe = 11793784722$$

F Calculada de Tratamiento

$$FcTr = \frac{CMTr}{CMEe}$$

$$FcTr = \frac{91202590278}{11793784722}$$

$$FcTr = 7.73$$

F Calculada de Bloques

$$FcB = \frac{CMB}{CMEe}$$

$$FcB = \frac{24676222222}{11793784722}$$

$$FcB = 2.09$$

ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 CONCENTRACION DE COLIFORMES TOTALES

4.1.1 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES 10 m ANTES DE LA DESCARGA.

Los datos de Coliformes Totales encontrados a 10 m antes de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 1A. Se observa que la mayor concentración de Coliformes Totales se encontró en el Río El Rebalse durante los meses de Julio y Octubre y la menor concentración fue registrada en el Río Guayabal durante el mes de Agosto.

Cuadro 1A. Concentración de Coliformes Totales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES TRATAMIENTOS</i>	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	S_x
<i>T1 (Guayabal)</i>	42,000	9,000	93,000	43,000	187,000	46,750	34,645
<i>T2 (S. Esteban)</i>	93,000	15,000	43,000	75,000	226000	56500	34,540
<i>T3 (Taisihuat)</i>	93,000	43,000	240,000	93,000	469000	117250	85,160
<i>T4 (El Jute)</i>	460,000	75,000	93,000	460,000	1088000	272000	217,208
<i>T5 (El Rebalse)</i>	530,000	95,000	360,000	530,000	1515000	378,750	205,442
<i>T6 (Miraflores)</i>	460,000	460,000	460,000	460,000	1840000	460000	0
<i>T7 (La Pelota)</i>	150,000	240,000	75,000	150,000	615000	153750	67,500
<i>T8 (San Juan)</i>	28,000	39,000	240,000	240,000	547000	136750	119,307
<i>T9 (Olomega)</i>	21,000	64,000	23,000	93,000	201,000	50250	34,712
Σx	1,877,000	1040000	1627000	2,144,000	6688000	1672000	798,514
\bar{X}	208,555.5	115,555.5	180,777.7	238,222.2	185,777.7	185,777.7	88,724
S_x	210780.7	146391.6	153123.9	193074.9	603995.3	175842.8	236079.2

4.1.2 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES TOTALES 100 m DESPUÉS DE LA DESCARGA.

Los datos de Coliformes Totales encontrados a 100 m después de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 1B se muestra que la mayor concentración de Coliformes Totales fue registrada en el Río Miraflores, registrándose igual número durante el período de estudio y la menor concentración se registró en el Río Guayabal durante el mes de Agosto

Cuadro 1B- Concentración de Coliformes Totales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>BLOQUES</i> <i>TRATAMIENTOS</i>	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	S_x
<i>T1 (Guayabal)</i>	64,000	15,000	150,000	210,000	439000	109750	87064.6
<i>T2 (S. Esteban)</i>	210,000	150,000	93,000	460,000	913000	228250	161716.5
<i>T3 (Taisihuat)</i>	150,000	1,100,000	290,000	460,000	2000000	500000	419602.9
<i>T4 (El Jute)</i>	1,100,000	1,100,000	460,000	1,100,000	3760000	940000	320000
<i>T5 (El Rebalse)</i>	930,000	460,000	530,000	930,000	2850000	712500	252768.0
<i>T6 (Miraflores)</i>	1,100,000	1,100,000	1,100,000	1,100,000	4400000	1100000	0
<i>T7 (La Pelota)</i>	240,000	1,100,000	93,000	460,000	1893000	473250	444217.1
<i>T8 (San Juan)</i>	150,000	460,000	460,000	460,000	1530000	382500	155000
<i>T9 (Olomega)</i>	75,000	240,000	93,000	210,000	618000	154500	82649.8
Σx	4019000	5725000	3269000	5390000	18403000	4600750	1923019.2
\bar{X}	446555.5	636111.1	363222.2	598888.8	511194.4	511194.4	213668.8
S_x	453681.3	461219.6	327733.4	352045.6	1383953.4	398670.0	560067.2

4.1.3 PROMEDIOS DE COLIFORMES TOTALES POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 1C y figura 1A se presentan los promedios globales de Coliformes Totales obtenidos de los dos puntos de muestreo en cada uno de los ríos afluentes presentados en los cuadros 1A y 1B. Éste cuadro comparativo muestra una menor concentración en el punto situado a 10 m antes de la descarga. Asimismo las menores concentraciones de Coliformes Totales se observan en los ríos Guayabal y Desagüe de La Laguna de Olomega; sin embargo, las mayores concentraciones se registraron en los ríos El Jute, El Rebalse y Río Miraflores.

Cuadro 1C: Promedio global de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de la descarga de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

TRATAMIENTOS (RÍOS)	<i>Coliformes Totales a 10 m antes de la descarga (NMP/100ml.)</i>	<i>Coliformes Totales a 100 m después de la descarga (NMP/100ml.)</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	<i>46,750</i>	<i>109,750</i>
<i>T2 (S. Esteban)</i>	<i>56,500</i>	<i>228,250</i>
<i>T3 (Taisihuat)</i>	<i>117,250</i>	<i>500,000</i>
<i>T4 (El Jute)</i>	<i>272,000</i>	<i>940,000</i>
<i>T5 (El Rebalse)</i>	<i>378,750</i>	<i>712,500</i>
<i>T6 (Miraflores)</i>	<i>460,000</i>	<i>1,100,000</i>
<i>T7 (La Pelota)</i>	<i>153,750</i>	<i>473,250</i>
<i>T8 (San Juan)</i>	<i>136,750</i>	<i>382,500</i>
<i>T9 (Olomega)</i>	<i>50,250</i>	<i>154,500</i>

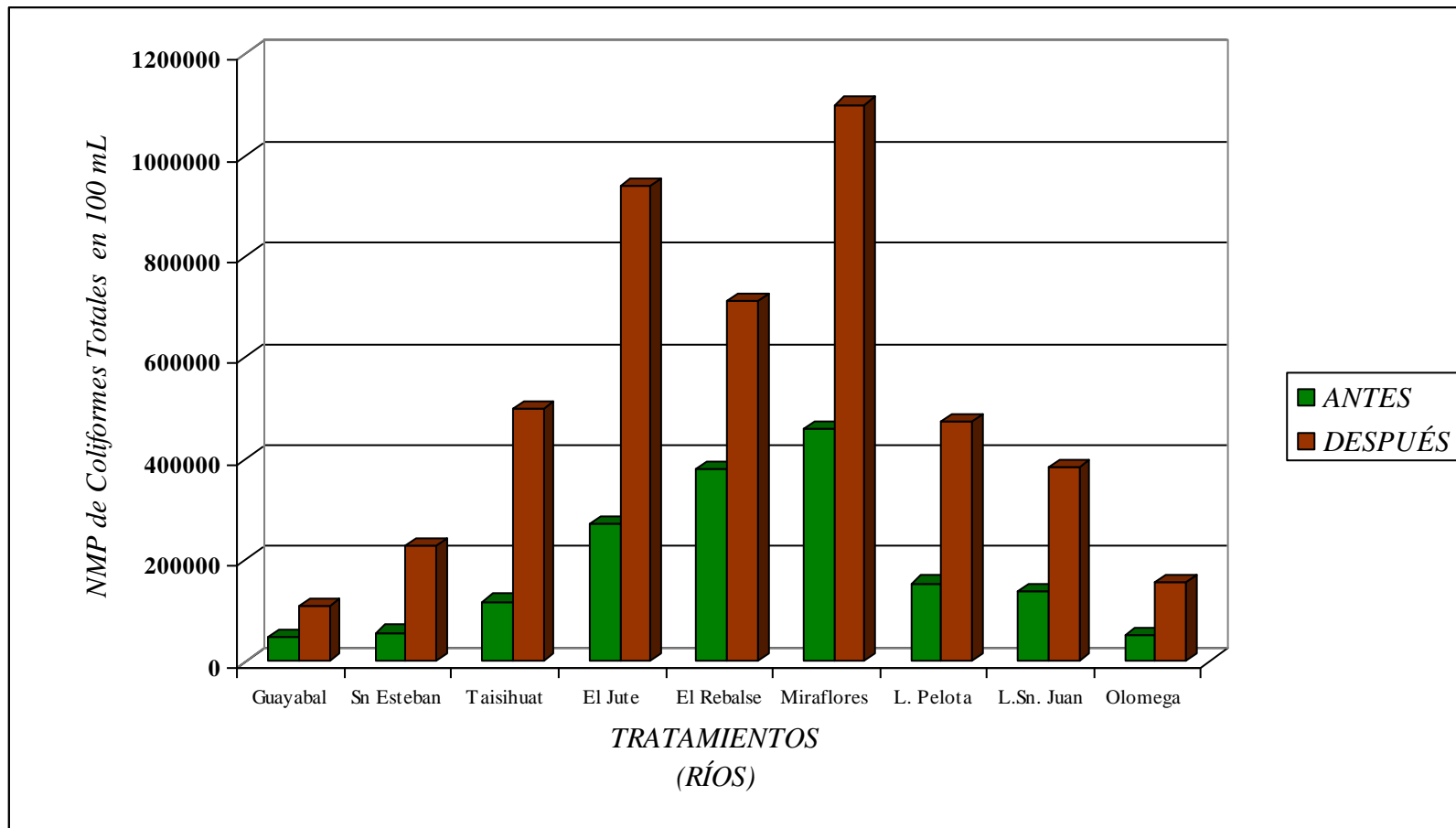


Figura 1A: Promedio global de Coliformes Totales (NMP) encontrados a 10 m antes y 100 m después de la descarga de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.1.4 PROMEDIO DE COLIFORMES TOTALES POR MESES DE MUESTREO.

Los promedios mensuales de Coliformes Totales obtenidos de los dos puntos de muestreo del total de ríos afluentes en cada mes de muestreo presentados en los cuadros 1A y 1B se detallan en el cuadro 1D y figura 1B. Estos datos muestran que durante el mes de Agosto se registró la concentración más baja en el punto 10 m antes de la descarga y en el mismo mes se registró la mayor concentración en el punto 100 m después de la descarga.

Cuadro 1D: Promedio mensual de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES (MESES)</i>	<i>Coliformes Totales a 10 m antes de la descarga (NMP/100ml)</i>	<i>Coliformes Totales a 100 m después de la descarga (NMP/100ml)</i>
<i>Julio</i>	208,555.6	446,555.6
<i>Agosto</i>	115,555.6	636,111.1
<i>Septiembre</i>	180,777.8	363,222.2
<i>Octubre</i>	238,222.2	598,888.9

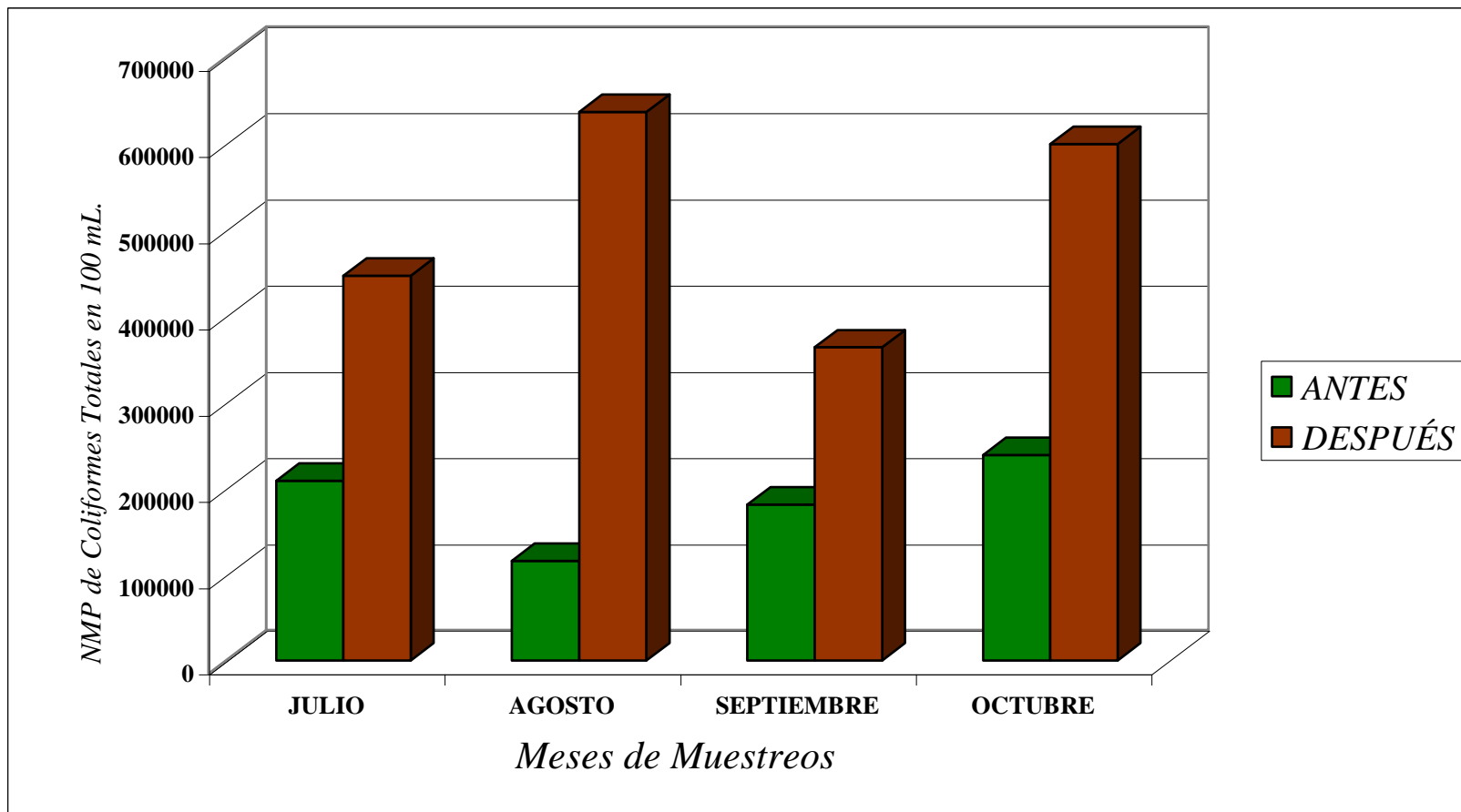


Figura: 1B. Promedio mensual de Coliformes Totales (NMP/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.2 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES.

4.2.1 CONCENTRACION DE COLIFORMES FECALES 10 m ANTES DE LA DESCARGA.

Los datos de Coliformes Fecales encontrados a 10 m antes de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 2A. Se observa que la mayor concentración de Coliformes Fecales fue registrada en el Río El Rebalse durante el mes de Septiembre y la menor concentración en el Río Guayabal durante el mismo mes de estudio.

Cuadro 2A. Concentración de Coliformes Fecales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES TRATAMIENTOS</i>	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	Sx
<i>T1 (Guayabal)</i>	1400	1100	400	3300	6200	1550	1239.6236
<i>T2 (S. Esteban)</i>	9600	9400	400	23400	42800	10700	9491.7
<i>T3 (Taisihuat)</i>	3200	18000	1000	7800	30000	7500	7551.6
<i>T4 (El Jute)</i>	5700	2800	1500	23700	33700	8425	10333.5
<i>T5 (El Rebalse)</i>	11100	4500	22500	14400	52500	13125	7483.4
<i>T6 (Miraflores)</i>	4700	22000	10500	21000	58200	14550	8377.1
<i>T7 (La Pelota)</i>	3900	10200	7500	12200	33800	8450	3593.0
<i>T8 (San Juan)</i>	8000	1500	8000	15400	32900	8225	5680.6
<i>T9 (Olomega)</i>	1200	8000	800	6400	16400	4100	3642.3
Σx	48800	77500	52600	127,600	306500	76625	57393.1
\bar{X}	5422.2	8611.1	5844.4	14177.7	8513.8	8513.8	6377.0
Sx	3503.4	7319.3	7361.5	7476.7	16222.1	6415.3	16385.8

4.2.2 CONCENTRACIÓN DE COLIFORMES FECALES 100 m DESPUÉS DE LA DESCARGA.

Los resultados de Coliformes Fecales encontrados a 100 m después de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio- Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 2B. Éste cuadro muestra que la mayor concentración de Coliformes Fecales fue registrada en el Río Miraflores durante el mes de Julio y la menor concentración se encontró en el Río Guayabal en el mes de Septiembre.

Cuadro 2B. Concentración de Coliformes Fecales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>BLOQUES TRATAMIENTOS</i>	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	S_x
<i>T1 (Guayabal)</i>	6000	2200	800	4800	13800	3450	2374.1
<i>T2 (S. Esteban)</i>	30000	20500	3500	27400	81400	20350	11927.1
<i>T3 (Taisihuat)</i>	29100	18700	10200	23100	81100	20275	7955.0
<i>T4 (El Jute)</i>	11900	24500	2500	25400	64300	16075	10949.0
<i>T5 (El Rebalse)</i>	19500	26000	27000	15300	87800	21950	5541.6
<i>T6 (Miraflores)</i>	29600	24300	28000	23000	104900	26225	3090.1
<i>T7 (La Pelota)</i>	27000	11500	9000	24000	71500	17875	8947.7
<i>T8 (San Juan)</i>	36000	23200	13000	20300	92500	23125	9596.3
<i>T9 (Olomega)</i>	1500	8300	3000	12500	25300	6325	5045.3
Σx	190600	159200	97000	175800	622600	155650	65426.7
\bar{X}	21177.7	17688.8	10777.7	19533.3	17294.4	17294.4	7269.6
S_x	12101.6	8402.5	10306.1	7297.6	30576.6	9526.9	18670.5

4.2.3 PROMEDIO DE COLIFORMES FECALES POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 2C y figura 2A se presentan los promedios globales de Coliformes Fecales obtenidos de los dos puntos de muestreo en cada uno de los ríos afluentes presentados en los cuadros 2A y 2B. Los datos indican una menor concentración en el punto ubicado a 10 m antes de la descarga; por otra parte los mayores promedios de Coliformes Fecales fueron obtenidos en los ríos El Rebalse y Miraflores y los menores promedios en los ríos Guayabal y Olomega, para ambos puntos de muestreos.

Cuadro 2C: Promedio global de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

<i>TRATAMIENTOS (RÍOS)</i>	<i>Coliformes Fecales 10 m antes de la descarga (UFC/100ml)</i>	<i>Coliformes Fecales 100 m después de la descarga (UFC/100ml)</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	<i>1,550</i>	<i>3,450</i>
<i>T2 (S. Esteban)</i>	<i>10,700</i>	<i>20,350</i>
<i>T3 (Taisihuat)</i>	<i>7,500</i>	<i>20,275</i>
<i>T4 (El Jute)</i>	<i>8,425</i>	<i>16,075</i>
<i>T5 (El Rebalse)</i>	<i>13,125</i>	<i>21,950</i>
<i>T6 (Miraflores)</i>	<i>14,550</i>	<i>26,225</i>
<i>T7 (La Pelota)</i>	<i>8,450</i>	<i>17,875</i>
<i>T8 (San Juan)</i>	<i>8,225</i>	<i>23,125</i>
<i>T9 (Olomega)</i>	<i>4,100</i>	<i>6,325</i>

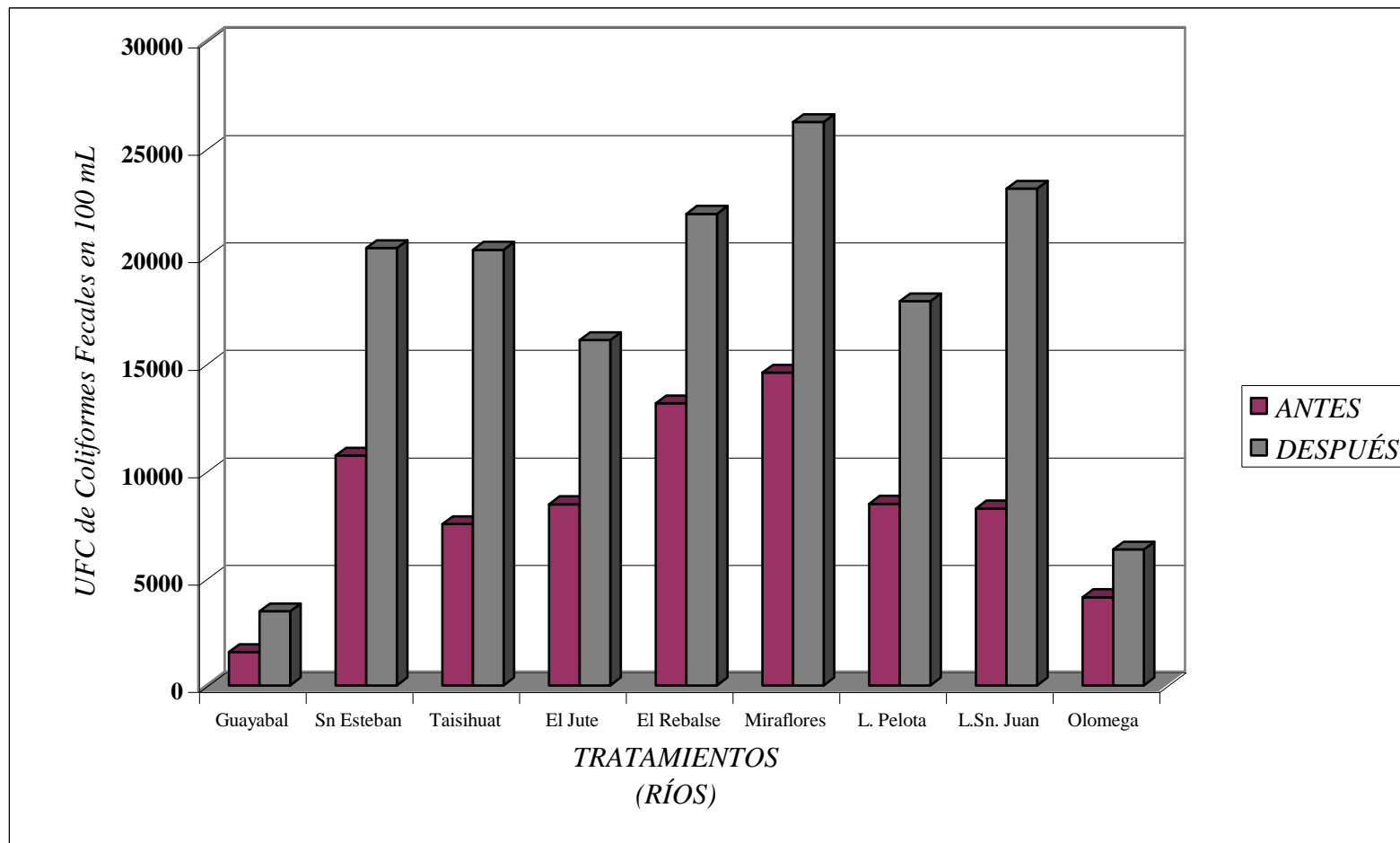


Figura: 2A. Promedio global de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.2.4 PROMEDIO DE COLIFORMES FECALES POR MESES DE MUESTREO

Los promedios mensuales de coliformes fecales obtenidos de los dos puntos de muestreo del total de ríos afluentes en cada mes de muestreo presentados en los cuadros 2A y 2B se detallan en el cuadro 2D y figura 2B. Los datos presentan que durante el mes de Julio se registró el promedio más bajo en el punto 10 m antes de la descarga y durante el mismo mes se registró el mayor promedio en el punto 100 m después de la descarga.

Cuadro 2D: Promedio mensual de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES (MESES)</i>	<i>Coliformes Fecales 10 m antes de la descarga (UFC/100ml)</i>	<i>Coliformes Fecales 100 m después de la descarga (UFC/100ml)</i>
<i>Julio</i>	5,422.2	21,177.7
<i>Agosto</i>	8,611.1	17,688.8
<i>Septiembre</i>	5,844.4	10,777.7
<i>Octubre</i>	14,177.7	19,533.3

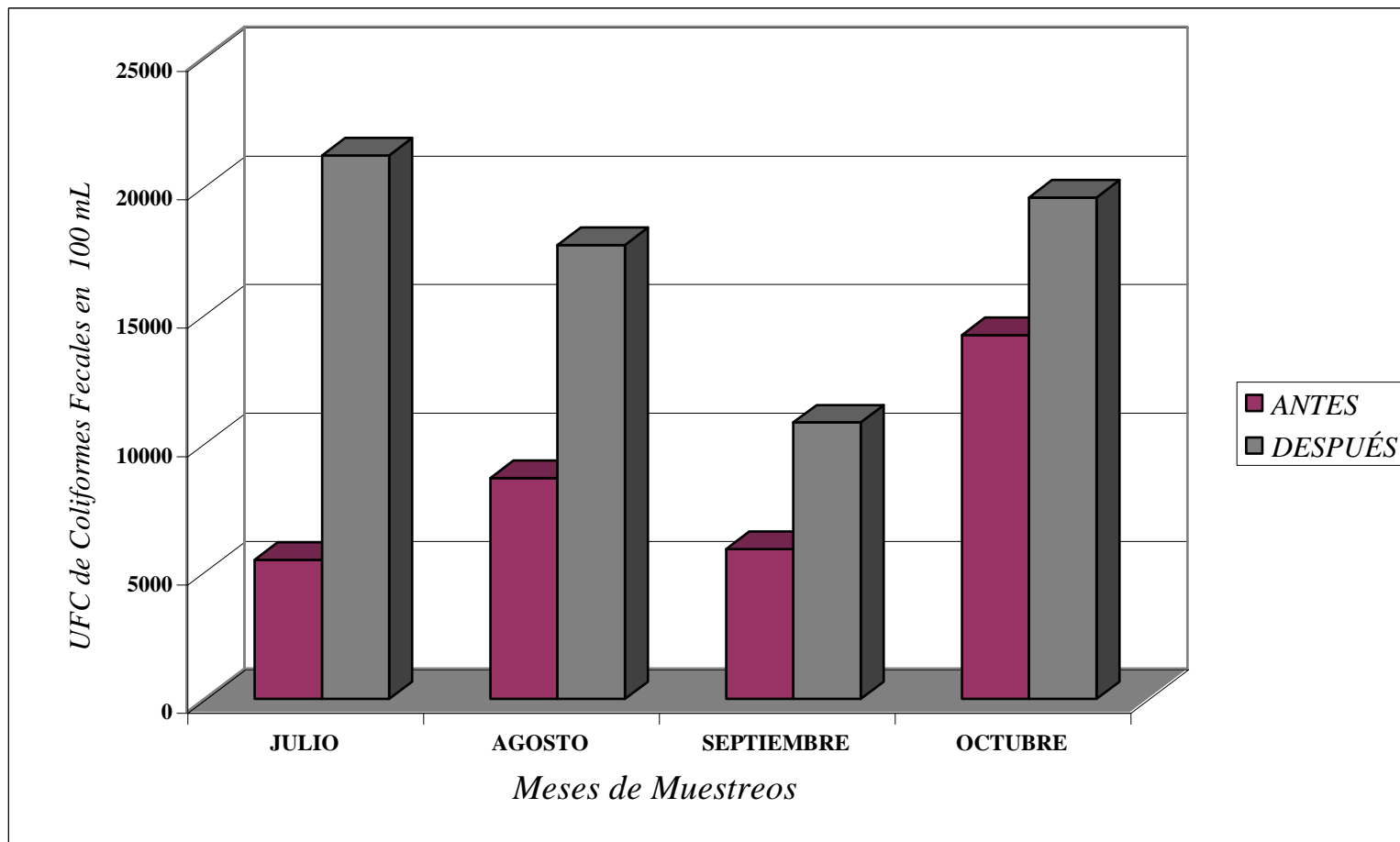


Figura: 2B. Promedio mensual de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de cada descarga del total de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.3 CONCENTRACIÓN DE *Escherichia coli*.

4.3.1 CONCENTRACION DE *Escherichia coli* 10 m ANTES DE LA DESCARGA.

Los datos de *Escherichia coli* encontrados a 10 m antes de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 3A. Los resultados muestran una mayor concentración de *Escherichia coli* registrada en el Río Miraflores durante el mes de Agosto y una menor concentración en el Río Guayabal durante el mes de Julio.

Cuadro 3A. Concentración de *Escherichia coli* a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>BLOQUES</i> <i>TRATAMIENTOS</i>	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	Sx
<i>T1 (Guayabal)</i>	100	600	200	2000	2900	725	877.02
<i>T2 (S. Esteban)</i>	600	400	500	1600	3100	775	556.03
<i>T3 (Taisihuat)</i>	200	300	1200	3100	4800	1200	1344.1
<i>T4 (El Jute)</i>	500	300	700	17200	18700	4675	8351.6
<i>T5 (El Rebalse)</i>	600	4200	6000	7000	17800	4450	2816
<i>T6 (Miraflores)</i>	200	20800	2500	11000	34500	8625	9351.8
<i>T7 (La Pelota)</i>	300	8000	800	3000	12100	3025	3517.9
<i>T8 (San Juan)</i>	400	500	3300	12000	16200	4050	5467.8
<i>T9 (Olomega)</i>	200	2500	400	4800	7900	1975	2151.5
Σx	3100	37600	15600	61,700	118000	29500	34434
\bar{X}	344.4	4177.7	1733.3	6855.5	3277.7	3277.7	3826
Sx	187.8	6749.0	1907.8	5420.5	10136.4	3566.3	10145

4.3.2 CONCENTACION DE *Escherichia coli* 100 m DESPUÉS DE LA DESCARGA.

Los datos de *Escherichia coli* encontrados a 100 m después de la descarga en nueve ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 3B. Éste cuadro muestra que el Río Guayabal presentó la mayor concentración de *Escherichia coli* en el mes de Septiembre y la mayor concentración se registró en el Río El Jute durante el mes de Agosto.

Cuadro 3B. Concentración de *Escherichia coli* a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002

<i>BLOQUES</i> TRATAMIENTOS	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	<i>Sx</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	500	1100	300	3100	5000	1250	1279.3
<i>T2 (S. Esteban)</i>	8400	700	700	3800	13600	3400	3639.5
<i>T3 (Taisihuat)</i>	1600	700	3100	20000	25400	6350	9153.6
<i>T4 (El Jute)</i>	1200	23900	1000	20400	46500	11625	12237.2
<i>T5 (El Rebalse)</i>	2200	20000	9400	7400	39000	9750	7476.8
<i>T6 (Miraflores)</i>	3600	21200	10400	18000	53200	13300	7895.1
<i>T7 (La Pelota)</i>	3900	9800	1200	8200	23100	5775	3938.1
<i>T8 (San Juan)</i>	2000	5200	9100	15400	31700	7925	5767.3
<i>T9 (Olomega)</i>	1500	6500	600	8300	16900	4225	3757.1
Σx	24900	89100	35800	104600	254400	63600	55144.4
\bar{X}	2766.6	9900	3977.7	11622.2	7066.6	7066.6	6127.1
<i>Sx</i>	2376.4	9394.6	4328.9	6860.8	15818.0	5740.2	15825.7

4.3.3 PROMEDIO DE *Escherichia coli* POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 3C y figura 3A se presentan los promedios globales de *Escherichia coli* obtenidos de los dos puntos de muestreo en cada uno de los ríos afluentes presentados en los cuadros 3A y 3B. Donde se registró una menor concentración en el punto ubicado a 10 m antes de la descarga; sin embargo, el menor promedio de *Escherichia coli* fue registrado en el Río Guayabal y los mayores promedios se obtuvieron en los ríos El Jute y Río Miraflores, en ambos puntos de muestreos.

Cuadro 3C: Promedio global de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

<i>TRATAMIENTOS (RÍOS)</i>	<i>Escherichia coli 10 m antes de la descarga (UFC/100 ml)</i>	<i>Escherichia coli 100 m después de la descarga (UFC/100 ml)</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	725	1,250
<i>T2 (S. Esteban)</i>	775	3,400
<i>T3 (Taisihuat)</i>	1,200	6,350
<i>T4 (El Jute)</i>	4,675	11,625
<i>T5 (El Rebalse)</i>	4,450	9,750
<i>T6 (Miraflores)</i>	8,625	13,300
<i>T7 (La Pelota)</i>	3,025	5,775
<i>T8 (San Juan)</i>	4,050	7,925
<i>T9 (Olomega)</i>	1,975	4,225

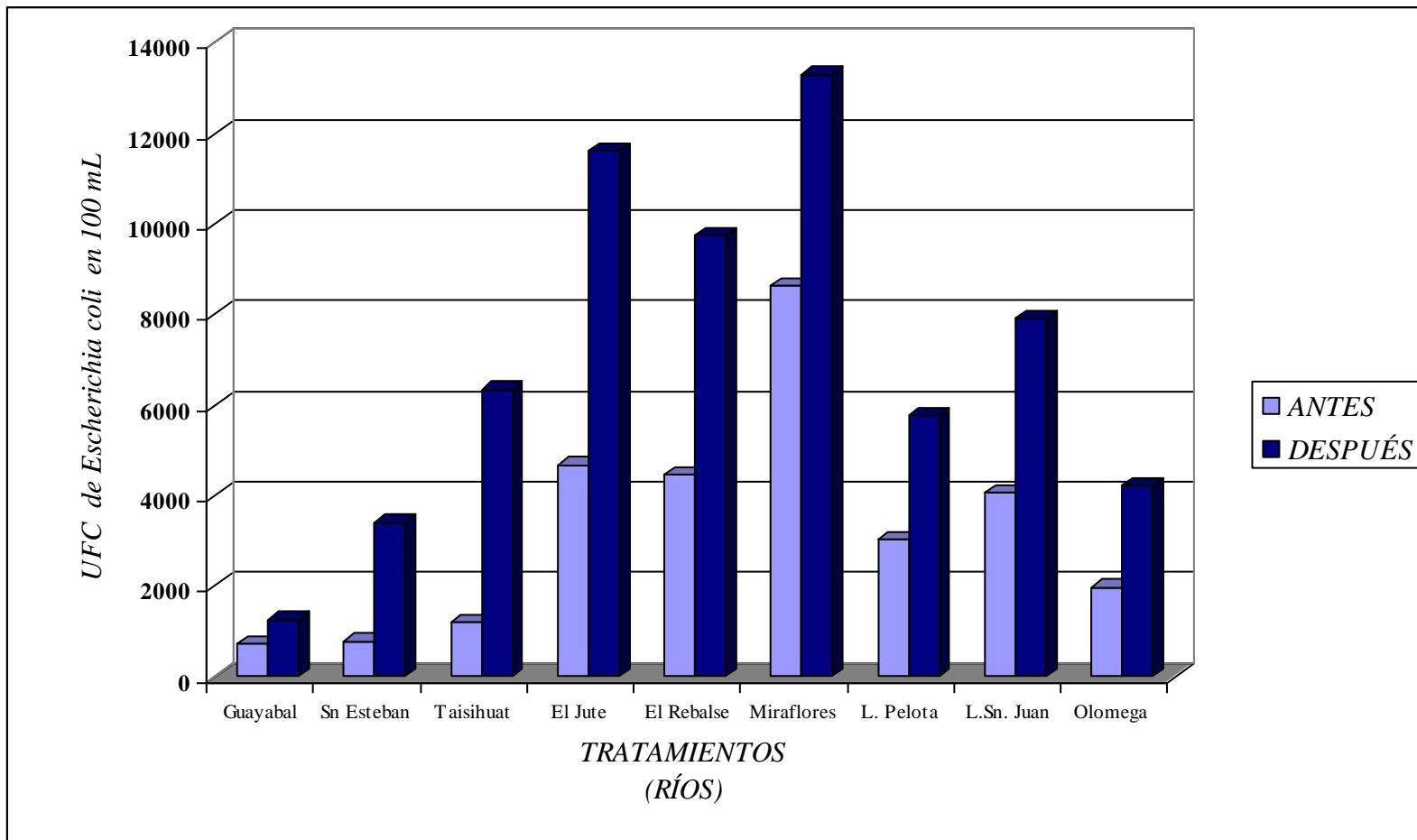


Figura: 3A. Promedio global de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.3.4 PROMEDIO DE *Escherichia coli* POR MESES DE MUESTREO

Los promedios mensuales de *Escherichia coli* obtenidos de los dos puntos de muestreo del total de ríos afluentes de cada mes de muestreo presentados en los cuadros 2A y 2B se detallan en el cuadro 2D y figura 3B, donde se presenta que durante el mes de Julio se registró el promedio más bajo en el punto 10 m antes de la descarga y durante el mes de octubre se registró el mayor porcentaje en el punto ubicado a 100 m después de la descarga.

Cuadro: 3D. Promedio mensual de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de 9 ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES (MESES)</i>	<i>Escherichia coli 10 m antes de la descarga (UFC/100 mL)</i>	<i>Escherichia coli 100 m después de la descarga (UFC/100 mL)</i>
<i>Julio</i>	344.4	2,766.6
<i>Agosto</i>	4,177.7	9,900
<i>Septiembre</i>	1,733.3	3,977.7
<i>Octubre</i>	6,855.5	11,622.2

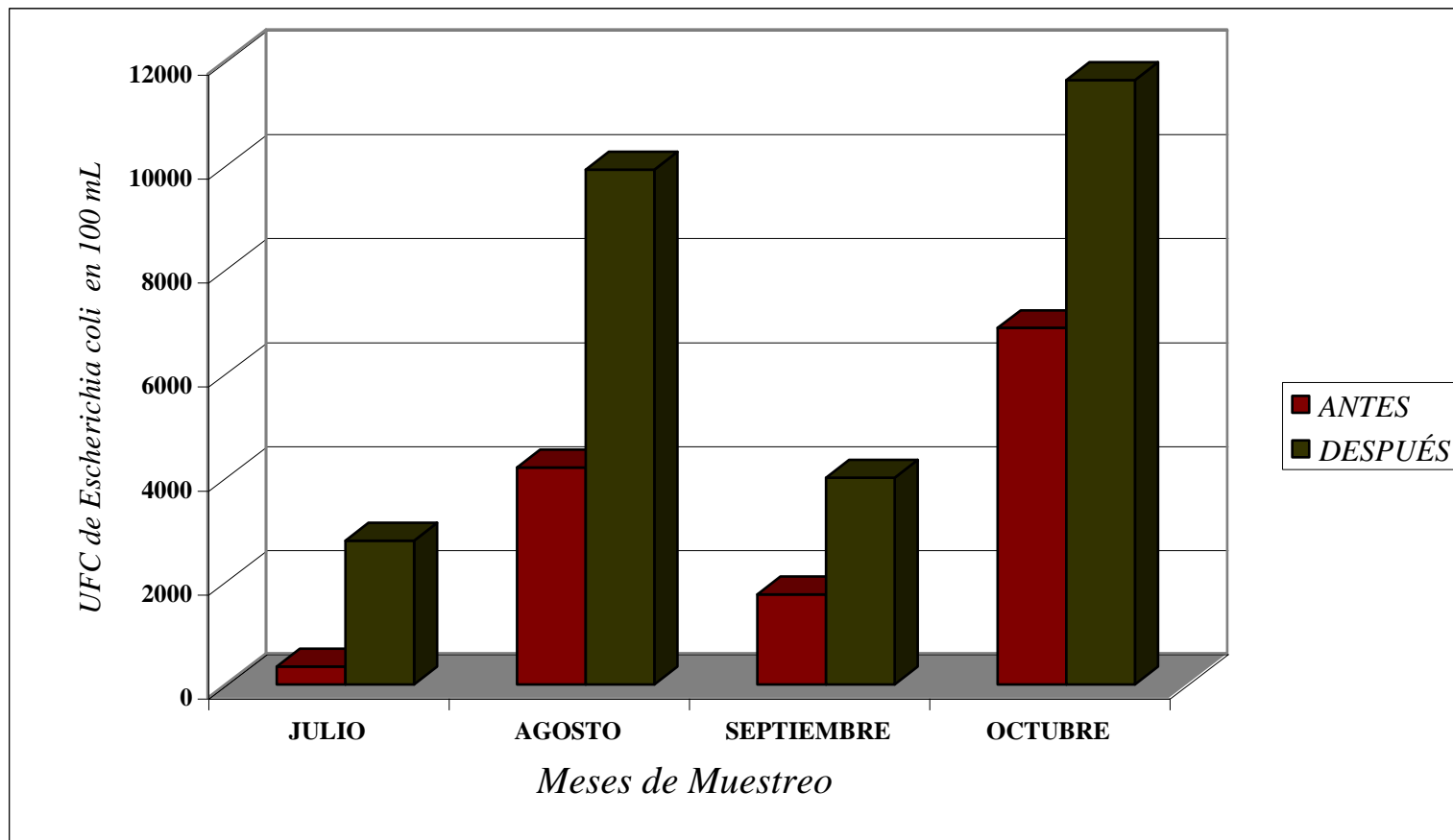


Figura: 3B. Promedio mensual de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) encontrados a 10 m antes y 100 m después de las descargas del total de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.4 CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES TOTALES.

Los datos de contribución de Coliformes Totales de los afluentes estudiados durante el período de Julio- Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 4A. Es importante señalar que el Río Guayabal aportó la menor concentración durante el mes de Agosto; y que el Río Taisihuat aportó la mayor concentración durante el mismo mes.

Cuadro 4A. Contribución de Coliformes Totales de cada uno de los nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

BLOQUES TRATAMIENTOS	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	Σx	\bar{X}	S_x
T1 (Guayabal)	22000	6000	57000	167000	252000	63000	72530.5
T2 (S. Esteban)	117000	135000	50000	385000	687000	171750	146795
T3 (Taisihuat)	57000	1057000	50000	367000	1531000	382750	473180
T4 (El Jute)	640000	1025000	367000	640000	2672000	668000	270566
T5 (El Rebalse)	400000	365000	170000	400000	1335000	333750	110406
T6 (Miraflores)	640000	640000	640000	640000	2560000	640000	0
T7 (La Pelota)	90000	860000	18000	310000	1278000	319500	381140
T8 (San Juan)	122000	421000	220000	220000	983000	245750	125635
T9 (Olomega)	54000	176000	70000	117000	417000	104250	54798.9
Σx	2142000	4685000	1642000	3246000	11715000	2928750	1635052
\bar{X}	238000	520555.6	182444.4	360666.6	325416.7	325417	181672
S_x	253161.5	393378.7	204782.8	186235.0	857268.9	259390	483528

4.4.1 PROMEDIO DE CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES TOTALES POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 4B y figura 4A se presentan los promedios globales de contribución de Coliformes Totales de cada río afluente presentados en el cuadro 4A. En éste cuadro se presenta, que el río que contribuyó con mayor cantidad de Coliformes Totales fue El Jute, mostrándose que el Río Guayabal fue el que aportó una menor concentración durante todo el estudio.

Cuadro: 4B. Promedio globales de Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.

TRATAMIENTOS (RÍOS)	<i>Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL)</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	<i>63,000</i>
<i>T2 (S. Esteban)</i>	<i>171,750</i>
<i>T3 (Taisihuat)</i>	<i>382,750</i>
<i>T4 (El Jute)</i>	<i>668,000</i>
<i>T5 (El Rebalse)</i>	<i>333,750</i>
<i>T6 (Miraflores)</i>	<i>640,000</i>
<i>T7 (La Pelota)</i>	<i>319,500</i>
<i>T8 (San Juan)</i>	<i>245,750</i>
<i>T9 (Olomega)</i>	<i>104,250</i>

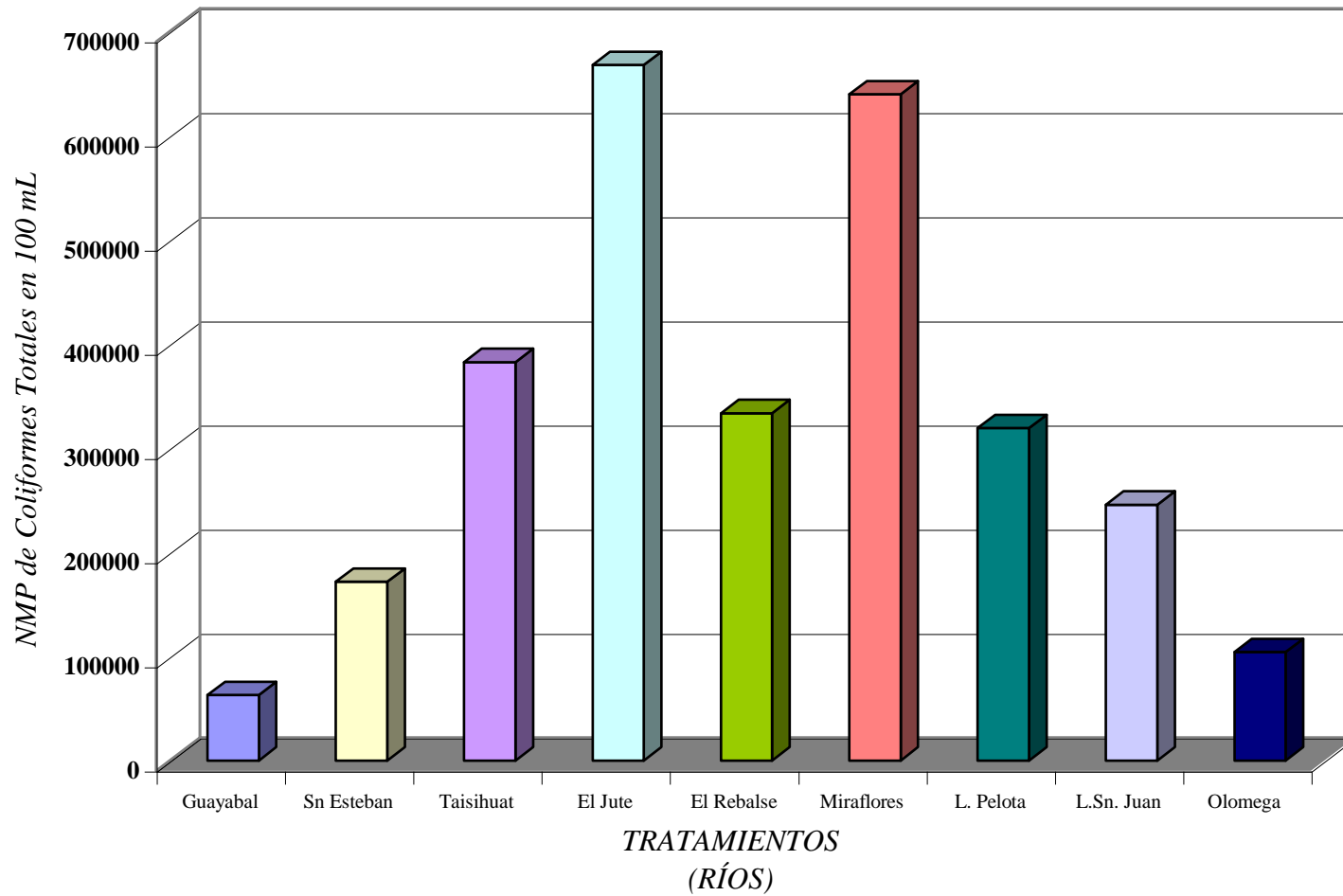


Figura: 4A. . Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) de cada una de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, entre los meses Julio-Octubre del año 2002.

4.4.2 PROMEDIO DE CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES TOTALES POR MESES DE MUESTREO.

En el cuadro 4C y figura 4B se presentan los promedios mensuales de contribución de Coliformes Totales del total de ríos afluentes presentados en el cuadro 4A. Los datos muestran que durante el mes de Septiembre se encontró el menor promedio de contribución de Coliformes Totales y el mayor promedio se registró durante el mes de Agosto.

Cuadro: 4C. Promedio de contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES (MESES)</i>	<i>Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL)</i>
<i>Julio</i>	238,000
<i>Agosto</i>	520,555.6
<i>Septiembre</i>	182,444.4
<i>Octubre</i>	360,666.7

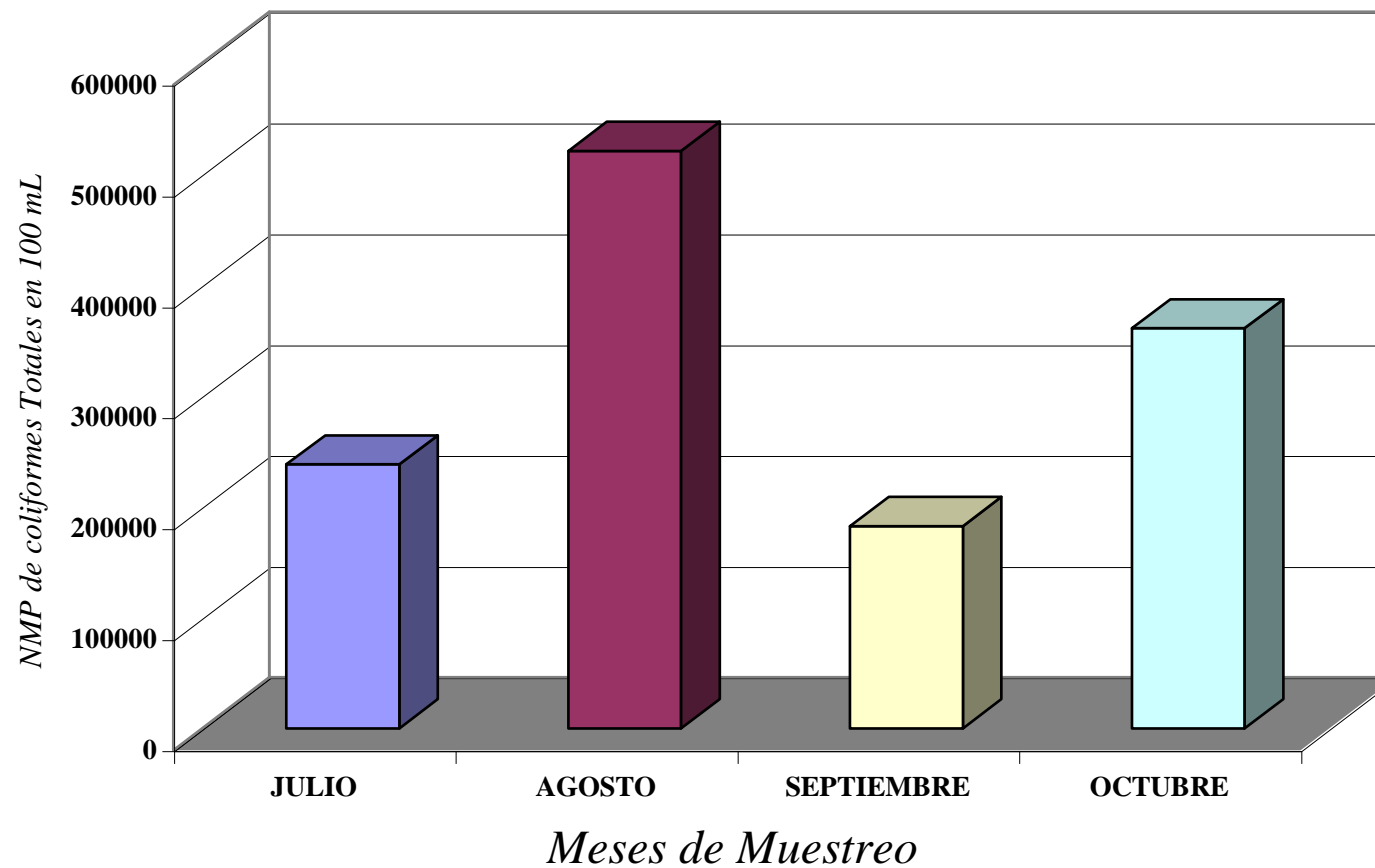


Figura: 4B. Contribución de Coliformes Totales (NMP/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, entre los meses de Julio- Octubre del año 2002.

4.5 CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES.

Los datos de contribución de Coliformes Fecales de cada uno de los ríos afluentes estudiados durante el período de Julio- Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 5A. Es importante señalar que el Río Olomega aportó la menor concentración durante los meses de Julio y Agosto, y el Río Desagüe de la Laguna de San Juan aportó la mayor concentración durante el mes de Julio.

Cuadro 5A. Contribución de Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>BLOQUES</i> TRATAMIENTOS	<i>JULIO</i>	<i>AGOSTO</i>	<i>SEPTIEMBRE</i>	<i>OCTUBRE</i>	Σx	\bar{X}	<i>Sx</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	4600	1100	400	1500	7600	1900	1856.5
<i>T2 (S. Esteban)</i>	20400	11100	3100	4000	38600	9650	8010.2
<i>T3 (Taisihuat)</i>	25900	700	9200	15300	51100	12775	10602.3
<i>T4 (El Jute)</i>	6200	21700	1000	1700	30600	7650	9645.8
<i>T5 (El Rebalse)</i>	8400	21500	4500	900	35300	8825	8987.9
<i>T6 (Miraflores)</i>	24900	2300	17500	2000	46700	11675	11406.5
<i>T7 (La Pelota)</i>	23100	1300	1500	11800	37700	9425	10351.6
<i>T8 (San Juan)</i>	28000	21700	5000	4900	59600	14900	11773.6
<i>T9 (Olomega)</i>	300	300	2200	6100	8900	2225	2734.1
Σx	141800	81700	44400	48200	316100	79025	75368.8
\bar{X}	15755.5	9077.7	4933.3	5355.5	8780.5	8780.5	8374.3
<i>Sx</i>	10727.8	9964.6	5419.4	5029.4	17581.2	7785.3	21461.8

4.5.1 PROMEDIO DE CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 5B y figura 5A se presentan los promedios globales de contribución de Coliformes Fecales de cada río afluente presentados en el cuadro 5A. Los datos muestran que durante el período de estudio el río que contribuyó con el promedio mas alto fue el Río Desagüe de La Laguna de San Juan, por otra parte el menor promedio fue aportado por el Río Guayabal.

Cuadro: 5B. Promedios de Contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, durante el período de Julio-Octubre del año 2002.

TRATAMIENTOS (RÍOS)	Contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL)
<i>T1 (Guayabal)</i>	<i>1,900</i>
<i>T2 (S. Esteban)</i>	<i>9,650</i>
<i>T3 (Taisihuat)</i>	<i>12,775</i>
<i>T4 (El Jute)</i>	<i>7,650</i>
<i>T5 (El Rebalse)</i>	<i>8,825</i>
<i>T6 (Miraflores)</i>	<i>11,675</i>
<i>T7 (La Pelota)</i>	<i>9,425</i>
<i>T8 (San Juan)</i>	<i>14,900</i>
<i>T9 (Olomega)</i>	<i>2,225</i>

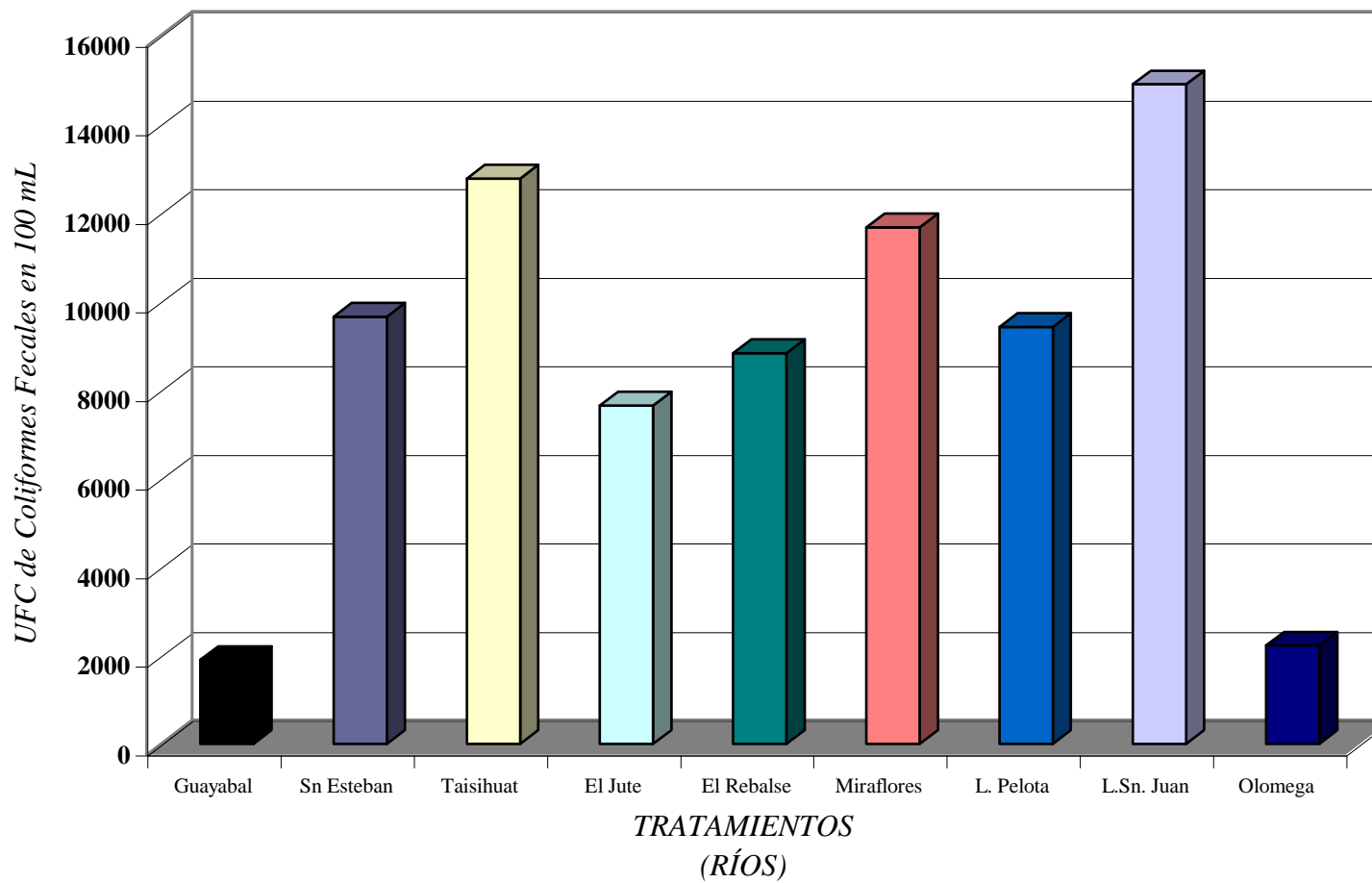


Figura: 5A. .Promedios de Contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.5.2 PROMEDIOS DE CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES FECALES POR MESES DE MUESTREO

Los promedios mensuales de contribución de Coliformes Fecales del total de ríos afluentes presentados en el cuadro 5A se presentan en el cuadro 5C y figura 5A. Los datos revelan que durante el mes de Julio se registró el mayor promedio de contribución de Coliformes Fecales y el menor promedio se presentó durante el mes de Septiembre.

Cuadro: 5C. Promedios de contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

BLOQUES (MESES)	<i>Contribución de Coliformes Fecales. (UFC/100 mL)</i>
<i>Julio</i>	<i>15,756</i>
<i>Agosto</i>	<i>9,077.8</i>
<i>Septiembre</i>	<i>4,933.3</i>
<i>Octubre</i>	<i>5,355.6</i>

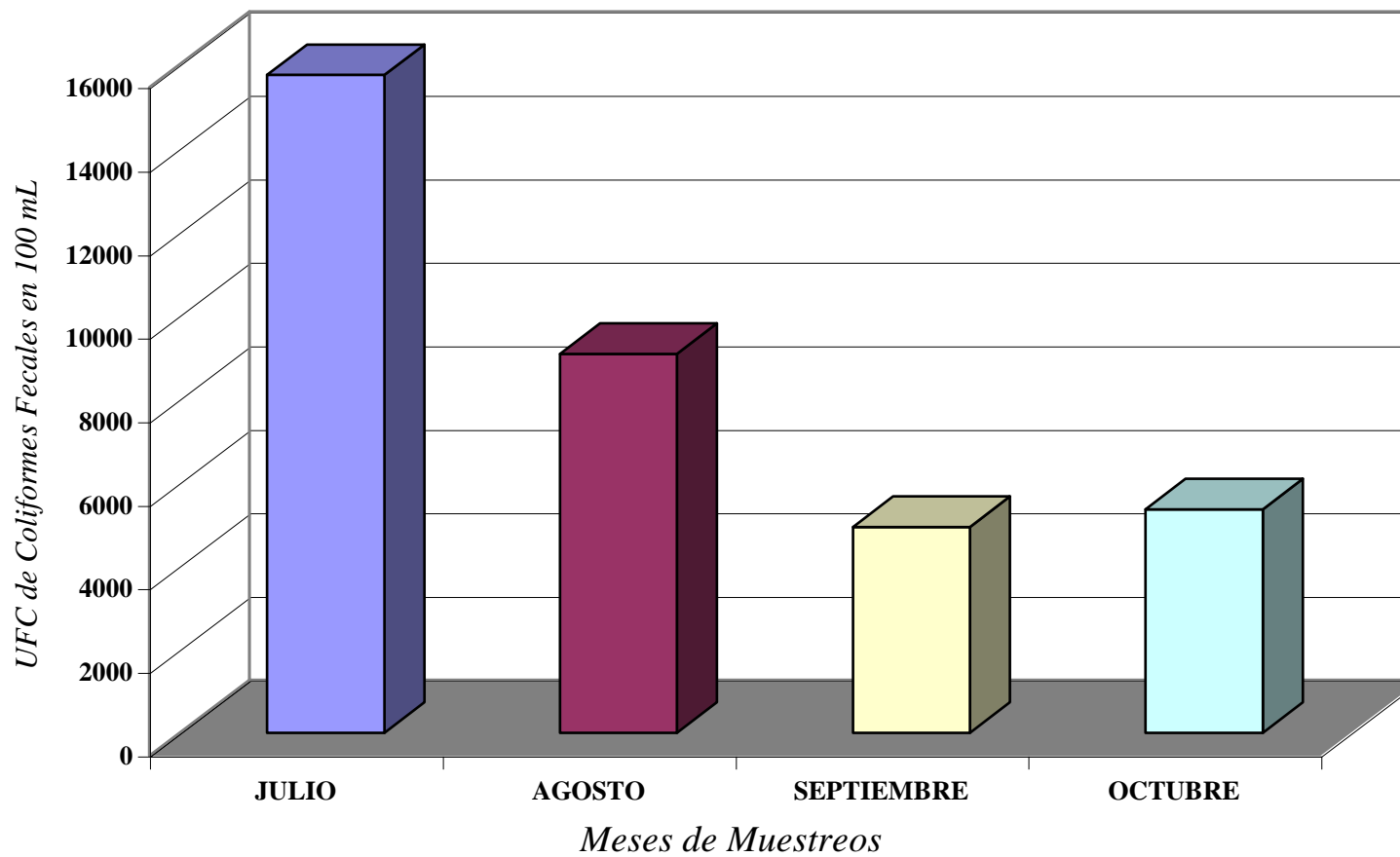


Figura: 5B. Promedio de contribución de Coliformes Fecales (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

4.6 CONTRIBUCIÓN DE *Escherichia coli*.

Los datos de contribución de *Escherichia coli* de los ríos afluentes estudiados durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 6A. Se encontró que el Río Guayabal aportó la menor concentración de *Escherichia coli* durante el mes de Septiembre, y que en el mes de Agosto el Río El Jute aportó la mayor concentración.

Cuadro 6A. Contribución de *Escherichia coli* de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

BLOQUES TRATAMIENTOS	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	OCTUBRE	Σx	\bar{X}	S_x
T1 (Guayabal)	400	500	100	1100	2100	525	419.325
T2 (S. Esteban)	7800	300	200	2200	10500	2625	3570.6
T3 (Taisihuat)	1400	400	1900	16900	20600	5150	7858.12
T4 (El Jute)	700	23600	300	3200	27800	6950	11173.9
T5 (El Rebalse)	1600	15800	3400	400	21200	5300	7107.74
T6 (Miraflores)	3400	400	7900	7000	18700	4675	3450
T7 (La Pelota)	3600	1800	400	5200	11000	2750	2093.64
T8 (San Juan)	1600	4700	5800	3400	15500	3875	1806.24
T9 (Olomega)	1300	4000	200	3500	9000	2250	1800.93
Σx	21800	51500	20200	42900	136400	34100	39280.5
\bar{X}	2422.2	5722.2	2244.4	4766.6	3788.8	3788.89	4364.5
S_x	2290.6	8320.8	2877.1	4967.6	7794.4	4614.06	11540.4

4.6.1 PROMEDIO DE CONTRIBUCIÓN DE *Escherichia coli* POR SITIOS DE MUESTREO.

En el cuadro 6B y figura 6A se presentan los promedios globales de contribución de *Escherichia coli* de los ríos afluentes obtenidos del cuadro 6A. Es importante señalar que durante el período de estudio el río que contribuyó con el mayor promedio fue el Río El Jute, al mismo tiempo el menor promedio registrado fue aportado por el Río Guayabal.

Cuadro: 6B. Promedio de contribución de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio- Octubre del año 2002.

<i>TRATAMIENTOS (RÍOS)</i>	<i>Contribución de Escherichia coli (UFC/100 mL)</i>
<i>T1 (Guayabal)</i>	<i>525</i>
<i>T2 (S. Esteban)</i>	<i>2,625</i>
<i>T3 (Taisihuat)</i>	<i>5,150</i>
<i>T4 (El Jute)</i>	<i>6,950</i>
<i>T5 (El Rebalse)</i>	<i>5,300</i>
<i>T6 (Miraflores)</i>	<i>4,675</i>
<i>T7 (La Pelota)</i>	<i>2,750</i>
<i>T8 (San Juan)</i>	<i>3,875</i>
<i>T9 (Olomega)</i>	<i>2,250</i>

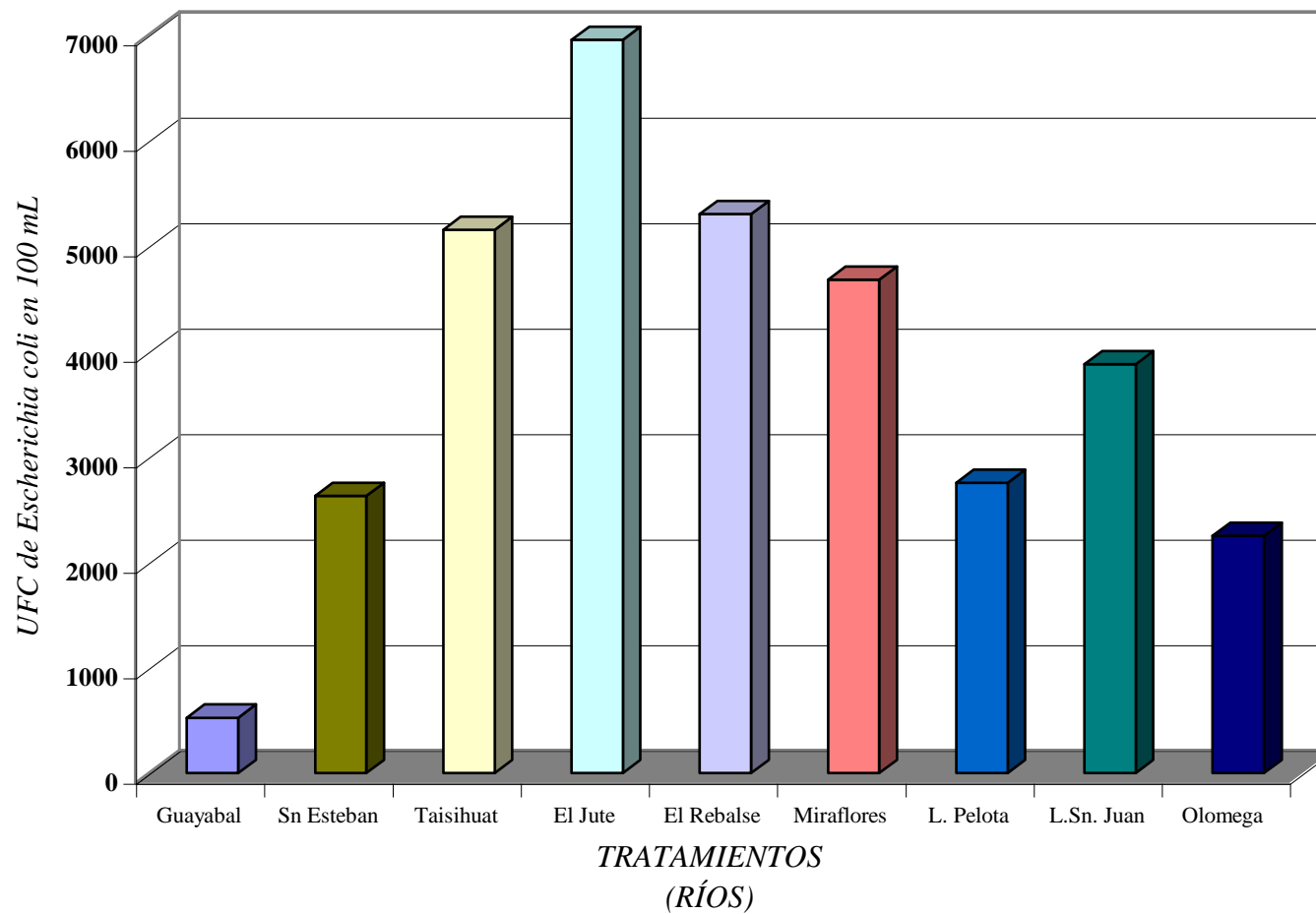


Figura: 6A. Promedio de contribución de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002.

4.6.2 PROMEDIO DE CONTRIBUCIÓN DE *Escherichia coli* POR MESES DE MUESTREO

Los promedios mensuales de contribución de *Escherichia coli* del total de ríos afluentes obtenidos del cuadro 6^a se presentan en el cuadro 6B y figura 6B. Los datos revelan que el mayor promedio de contribución de *Escherichia coli* se registró en el mes de Agosto y el menor promedio se presentó durante el mes de Septiembre.

Cuadro: 6C. Promedio de contribución de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

BLOQUES (MESES)	<i>Contribución de Escherichia coli. (UFC/100mL)</i>
<i>Julio</i>	2,422.2
<i>Agosto</i>	5,722.2
<i>Septiembre</i>	2,244.4
<i>Octubre</i>	4,766.7

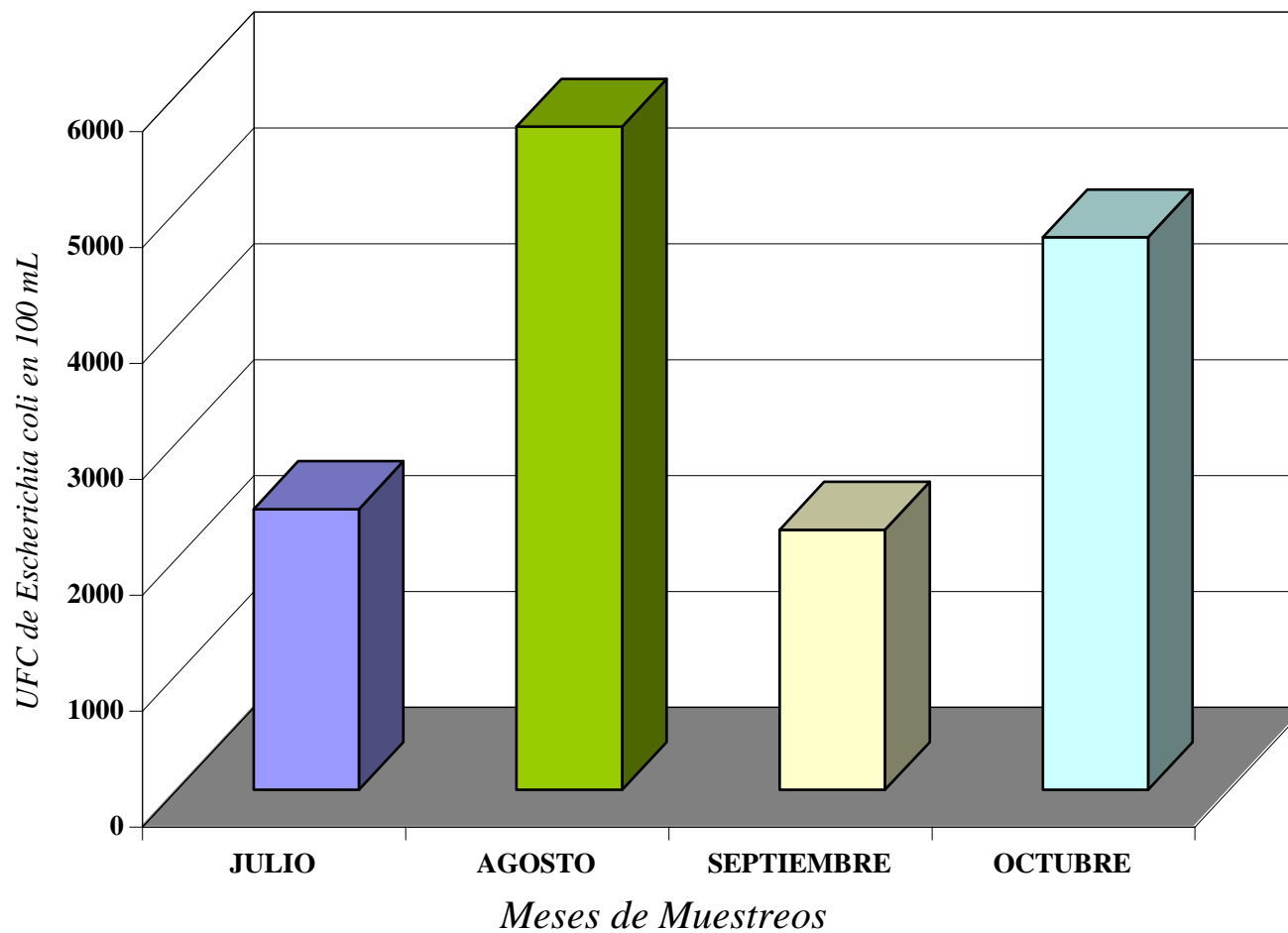


Figura: 6B. Promedio de contribución de *Escherichia coli* (UFC/100 mL) por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

4.7 CORRELACIÓN ENTRE LA CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES POR SITIOS DE MUESTREO.

Los datos obtenidos estadísticamente de la correlación presente entre la contribución de Coliformes Totales (NMP) y la contribución de Coliformes Fecales (RTB) por los ríos durante el período de Julio-Octubre del año 2002 se presenta en el cuadro 7A y figura 7A. Los datos muestran una alta correlación entre las dos variables.

Cuadro 7A. Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio-Octubre del año 2002.

TRATAMIENTOS	NMP	RTB	$\overline{NMP-NMP}$	$\overline{RTB-RTB}$	$(\overline{NMP-NMP})^2$	$(\overline{RTB-RTB})^2$	(NMP) (RTB)
T1 (Guayabal)	63000	1900	262416.6	6880.5	68862471956	47341280.3	1805557416
T2 (S. Esteban)	171750	9650	153666.6	869.4	23613423956	755856.36	133597742
T3 (Taisihuat)	382750	12775	57333.3	3994.4	3287107289	15955231.4	229012134
T4 (El Jute)	668000	7650	342583.3	1130.5	117363317438.8	1278030.25	387290421
T5 (El Rebalse)	333750	8825	8333.3	44.4	69443888.89	1971.36	369998.52
T6 (Miraflores)	640000	11675	314583.3	2894.4	98962652639	8377551.36	910529904
T7 (La Pelota)	319500	9425	5916.6	644.4	35006155.56	415251.36	3812657.04
T8 (San Juan)	245750	14900	79666.6	6119.4	6346767156	37447056.4	487511792
T9 (Olomega)	104250	2225	221166.6	6555.5	48914664956	42974580.3	1449857646
Σ	2928750	79025			367454855433.3	154546809	5407539710
X	325416.7	8780.6					

$$\overline{NMP} = 325416.7$$

$$\overline{RTB} = 8780.6$$

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

$$r = \frac{5407539710}{\sqrt{(367454855433.36)(154546809)}}$$

$$r = 0.71$$

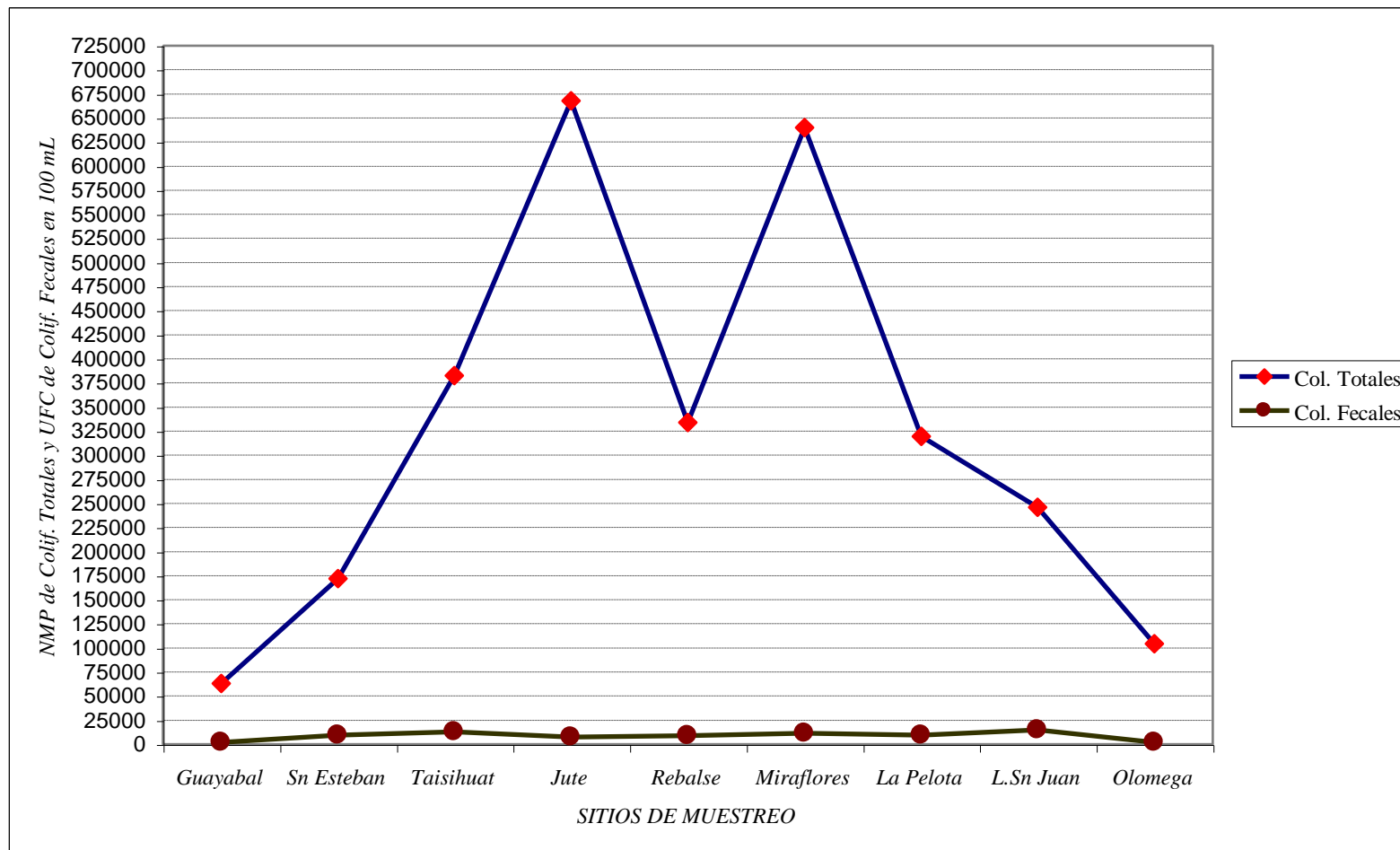


Figura: 7A: Determinación de correlación de la contribución de Coliformes Totales y Coliformes Fecales de las descargas de los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio- Octubre del año 2002

4.7.1 CORRELACIÓN ENTRE LA CONTRIBUCIÓN DE COLIFORMES TOTALES Y COLIFORMES FECALES POR MESES DE MUESTREO.

Los datos analizados estadísticamente entre la correlación presente de la contribución de Coliformes Totales (NMP) y Coliformes Fecales (RTB) por meses de muestreo del total de ríos de la cuenca media del Río Grande de San Miguel en el período de Julio-Octubre del año 2002 se presentan en el cuadro 7B y figura 7B. Los resultados muestran una moderada correlación entre meses de muestreo para ambas variables.

Cuadro 7B: Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales por meses de muestreo del total de ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio- Octubre del año 2002.

BLOQUES	NMP	RTB	$\overline{NMP-NMP}$	$\overline{RTB-RTB}$	$(\overline{NMP-NMP})^2$	$(\overline{RTB-RTB})^2$	(NMP) (RTB)
JULIO	238000	15756	87416.63	6975	7641666326	48650625	609730959.4
AGOSTO	520555.5	9077.7	195138.9	297.2	38079180536	88327.84	57995273.65
SEPTIEMBRE	182444.4	4933.3	142972.2	3847.2	20441057121	14800947.84	550042744
OCTUBRE	360666.6	5355.5	35249.98	3425	1242560738	11730625	120731164.4
TOTAL	$\Sigma=1301667$	$\Sigma=35122$			$\Sigma=67404464722$	$\Sigma=75270525.68$	$\Sigma=1338500141$
X	325416.6	68780.5					

$$\overline{MPN} = 325416.6$$

$$\overline{RTB} = 68780.5$$

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

$$r = \frac{1338500141}{\sqrt{(67404464722)(75270525.68)}}$$

$$r = 0.59$$

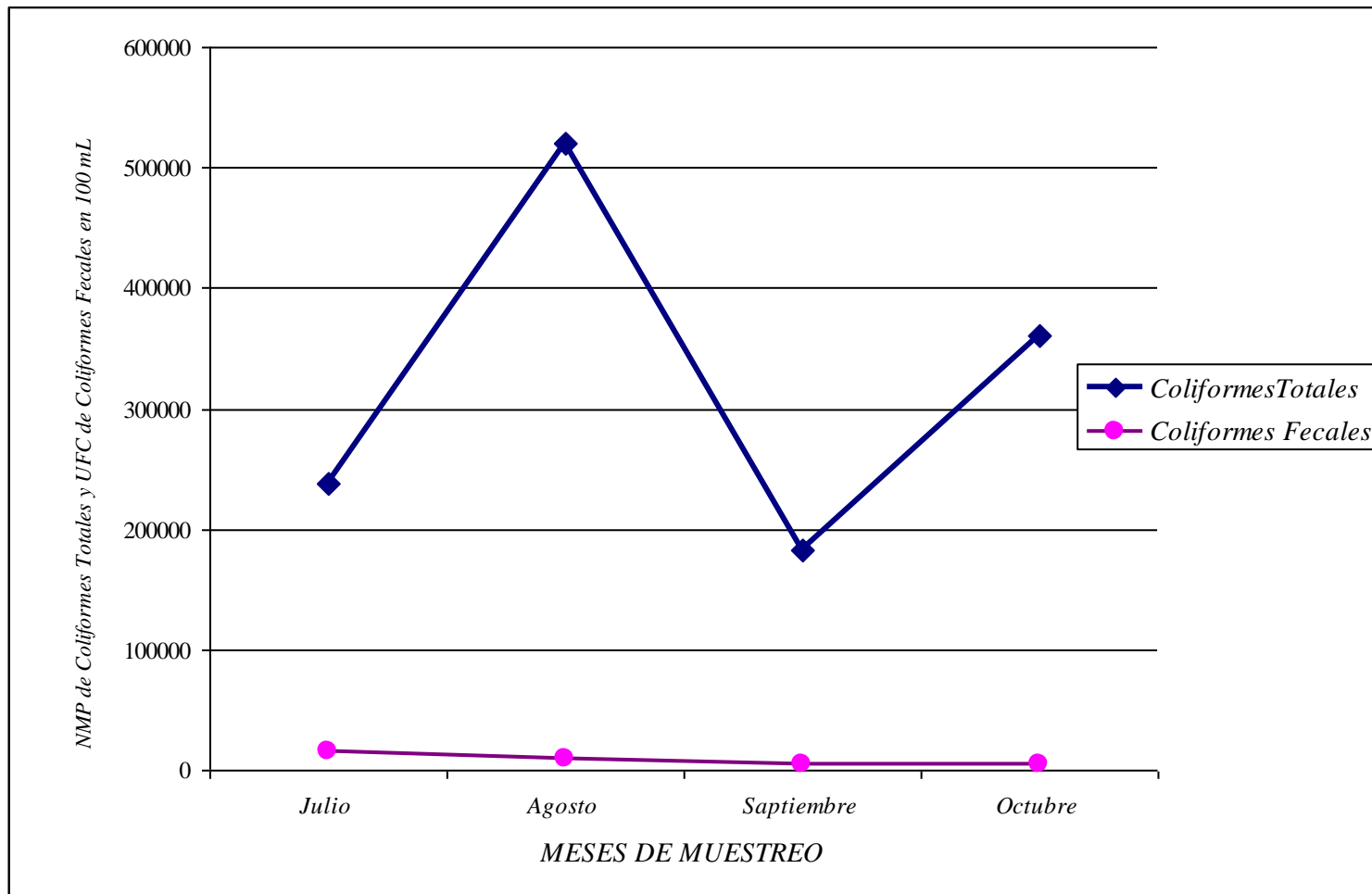


Figura 7B: Determinación de correlación de la contribución Coliformes Totales y Coliformes Fecales por meses de muestreo del total de ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel, en el período de Julio-Octubre del año 2002.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Las concentraciones de Coliformes Totales registradas durante el estudio revelan altas cantidades presentes en cada punto de muestreo en cada uno de los meses de estudio; el cuadro 1A muestra que las concentraciones durante el estudio fueron variantes para el punto 10 m antes de la descarga. El Río El Rebalse presentó las concentraciones más altas durante el mes de Julio y Octubre; Este río se encuentra localizado en la zona metropolitana de la ciudad de San Miguel, donde las cantidades de aguas residuales son constantes; Además, datos registrados en el cuadro 1A sobrepasan los límites permisibles de Coliformes Totales presentes en aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor

Según las normas salvadoreña consultada (CONACYT, ICS 13.060, 1996) (Anexo 5) sobre los límites permisibles de Coliformes Totales en un cuerpo receptor muestra que los resultados obtenidos sobrepasan los límites debido a que la norma establece un porcentaje de 1000 NMP / 100 mL, demostrándose así que el agua no puede ser potable, pero puede aplicársele otro tipo de usos como son la piscicultura y regadío si cumple con los parámetros aplicables.

En el cuadro 1B se hace referencia de los Coliformes Totales encontrados a 100 m después de la descarga, se asume que las menores concentraciones están registradas donde la población es menor y los ríos no poseen núcleos poblacionales en sus riberas que hagan uso constante de las aguas por lo que el Río Guayabal y Río Desagüe de La Laguna de Olomega fueron los ríos que presentaron las menores concentraciones en este punto durante el estudio; asimismo la actividad de los ribereños pudo ser un factor que contribuyó con estos Resultados; de igual manera para los ríos donde se encontraron las más altas concentraciones.

Los puntos de muestreo ubicados 10 m antes de la descarga del Río afluente presentan una menor concentración de Coliformes Totales comparados con el punto ubicado a 100 m después de la descarga presentados en el Cuadro 1C y Figura 1A, la diferencia que se encuentra entre ambos puntos de un río es la contribución de Coliformes Totales que cada afluente aporta a la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Los puntos de muestreo con mayor presencia de Coliformes Totales antes de la descarga se encontraron en los ríos El Jute, El Rebalse y Río Miraflores, correlativamente estos ríos presentan la mayor concentración de Coliformes Totales en los puntos ubicados después de la descarga.

Los ríos que muestran mayor concentración en ambos puntos de muestreo son localizados en el área Metropolitana y Suburbana de la ciudad de San Miguel, donde existe la mayor concentración de pobladores e industrias. Los resultados encontrados demuestran que el Río Grande de San Miguel es contaminado por todos sus afluentes. También es importante notar que los sitios con menor concentración de Coliformes Totales fueron encontrados al inicio y al final de la cuenca media estudiada, esta menor concentración puede ser atribuida a menor densidad de habitantes tanto en los márgenes de los ríos afluentes como en los márgenes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel, considerada la zona como rural y, además, menos industrializada.

Por análisis de varianza se encontró que los tratamientos de muestreos son altamente significativos tanto antes de la descarga como después de la descarga por lo que se hizo necesario aplicar una prueba de Duncan, en la que se encontró que el punto del Río Miraflores se encuentra mayor cantidad de coliformes en comparación a los otros ríos, esto se explica porque en las márgenes del río hay presencia de ganaderías y numerosos núcleos poblacionales densos a lo largo de su recorrido.

Los resultados mensuales del total de ríos afluentes en los meses de estudio muestran variaciones entre sí. El cuadro 1D y figura 1B muestra que la cuenca media del Río Grande de San Miguel presenta diferentes concentraciones de Coliformes Totales durante cada uno de los meses de estudio. El punto de estudio ubicado 10 m antes de la descarga de cada río afluente presenta menor concentración de Coliformes Totales comparado con el punto ubicado 100 m debajo de la descarga de los ríos afluentes; esto determina que independientemente del río estudiado, a la cuenca media del Río Grande de San Miguel es contaminado con gran cantidad de Coliformes Totales durante los meses reestudio.

Los meses con mayor promedio de Coliformes Totales son Agosto y Octubre en los puntos de muestreo ubicados a 100 m abajo de la descarga del total de 9 ríos afluentes. En el anexo 3 se muestran las precipitaciones durante los cuatro meses de estudio, determinando que los meses de Agosto y Octubre presentaron menor porcentaje de precipitación, confirmando que la precipitación puede ser un factor que contribuye a la dilución y depuración de los coliformes en la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Lo que corrobora que las altas concentración de Coliformes Totales encontrados tienen relación indirecta a la cantidad de lluvia caída y por lo tanto al grado de esorrentía.

Por análisis de varianza se encontró que entre los meses de muestreos (Bloques) resultado ser no significativo tanto antes de la descarga como después de la descarga.

Obviamente al observar la figura 1B las diferencias de las concentraciones entre los dos puntos de muestreo son altas. Demostrando la contribución de contaminación microbiológica por cada afluente y al mismo tiempo la capacidad depuradora del Río Grande de San Miguel en su cuenca media.

En el cuadro 2A se presenta que las concentraciones mas altas de coliformes fecales se registraron en los ríos ubicados en los extremos del área de estudio siendo el Río Guayabal y el Río Desagüe de La Laguna de Olomega, estos resultaos pueden ser atribuidos a las características similares que poseen ambos ríos; sin embargo las concentraciones encontradas sobrepasan los límites permisibles establecidos por las normas de calidad de agua (CONACYT, ICS 13.060, 1996)

Los ríos Taisihuat, El Jute, El Rebalse, Miraflores y Río La Pelota fueron los ríos que presentaron la mayores concentraciones, principalmente porque estos ríos se ubican en la zona metropolitana y suburbana de la ciudad, donde la industrialización es un factor que contribuye con el incremento de contaminante microbiológico, debido al albergue de núcleos poblacionales.

En el cuadro 2B se muestra que las concentraciones de Coliformes Fecales son significativas, el cual este punto permite descubrir el aporte que hacen los ríos afluentes ala cuenca media, donde las mayores concentraciones se localizaron en los ríos ubicados en el área metropolitana, siendo este un factor determinante en el incremento de Coliformes Fecales en comparación a los ríos ubicados en las áreas rurales.

Los resultados muestran una tendencia similar entre sitios de muestreo y puntos de muestreo, lo que explica que la contaminación por Coliformes Fecales se encuentra en gran proporción a lo largo de la cuenca media aumentando estas concentraciones las descargas de cada río afluente.

En el estudio de promedios de la concentración de Coliformes Fecales detallados en el cuadro 2C y figura 2A, los resultados muestran una alta concentración. El punto de muestreo ubicado a 10 m antes de la descarga del río afluente muestra menor concentración de Coliformes Fecales comparado con el punto ubicado a 100 m abajo de la descarga del río afluente.

La mayor concentración de Coliformes Fecales en ambos puntos de muestreo se registró en el Río Miraflores, y la menor concentración en el Río Guayabal. Las variaciones de concentración entre sitios de muestreo se atribuyen al recorrido y concentración de pobladores en sus riberas al igual que la cantidad de habitantes que posee dicho lugar.

La concentración de Coliformes Fecales en la cuenca media del Río Grande de San Miguel es elevada, consecuencia de la falta de tratamientos de aguas negras y domésticas. Las altas concentraciones encontradas de Coliformes Fecales demuestran que las poblaciones habitantes de los ríos afluentes descargan las aguas negras sin ningún tratamiento y estas llegan directamente al Río Grande de San Miguel, aumentando la contaminación de este río. Por otra parte, la ciudad de San Miguel cuenta con muchas colonias y cada vez se observan núcleos suburbanos nuevos.

Con relación a la Norma Salvadoreña (Anexo 5) consultada sobre los límites permisibles de Coliformes Fecales en un cuerpo receptor se demuestra que sobrepasa los límites debido a que la norma establece un porcentaje de 1000 UFC / 100 mL; Determinando así que las concentraciones son mucho más elevadas que las permisibles en un río.

Mediante el diseño estadístico aplicado, se determinó que los sitios de muestreos estudiados fueron no significativos para el punto ubicado 10m antes de la descarga; no así para el punto situado 100 m después de la descarga, por lo que se aplicó una prueba de Duncan en la que se comprobó que el Río Miraflores aporta la mayor cantidad de Coliformes Fecales en comparación al punto ubicado en el Río Guayabal.

En el cuadro 2D y figura 2B se representan los resultados de Coliformes Fecales obtenidos durante los cuatro meses de estudio, estos revelan una alta concentración de Coliformes Fecales en ambos puntos de muestreo, sin embargo; se encontró mayor concentración en el punto ubicado a 100 m después de la descarga del río afluente.

Los meses de Julio y Octubre reflejan una mayor concentración de Coliformes Fecales en el punto ubicado después de la descarga, esto concuerda con los datos de precipitación registrados en la Estación Meteorológica El Papalón San Miguel (Anexo 3) presentándose menores concentraciones de precipitación comparada con Septiembre donde se registra el mayor porcentaje de lluvia, lo que determina que la lluvia es un factor que influye en la presencia de Coliformes Fecales. Además, comparando con la figura 1B se explica que las concentraciones de Coliformes Totales estaban dadas a la presencia de Coliformes Fecales y menor concentración de otros coliformes.

Durante el mes de Agosto se registró menor precipitación y se encontró menor concentración de Coliformes Fecales en comparación a los meses de Julio y Octubre, esto puede ser atribuido a las características del día en que se realizó el muestreo.

El análisis estadístico aplicado señala que la concentración y presencia de Coliformes Fecales en los meses de muestreos (Bloques) resultó ser no significativo para

el punto 10 m antes de la descarga no así para el punto 100 m después de la descarga; Por lo que se aplicó una prueba de Duncan con la que se encontró que en el mes de Julio se registró mayor concentración de Coliformes Fecales, explicándose que este mes es de normalización de la época lluviosa donde las escorrentías y filtraciones de las aguas freáticas son mayores, además, existirá una alta contaminación de Coliformes Fecales por falta de adecuada disposición de excretas en el área rural.

Los datos de concentraciones registradas de *Escherichia coli* detallados en el cuadro 3A revelan que esta bacteria se encuentra presente en un número significativo en este punto de muestreo, lo cual permite afirmar que el agua de la cuenca media del Río Grande de San Miguel está siendo contaminada por heces fecales.

En el cuadro 3B las concentraciones de *Escherichia coli* son altas, encontrándose variaciones en los diferentes sitios de muestreo y período de estudio; las concentraciones mas altas fueron encontradas en los ríos ubicados en la zona metropolitana de san miguel, permitiendo que la población contribuya a la existencia de esta bacteria en este punto de muestreo.

Los promedios de concentración de *Escherichia coli* detallados en el cuadro 3C y figura 3A es muy variante entre los sitios de muestreo, además; muestra una tendencia de concentración muy parecida a la que se muestra en la figura 1A de Coliformes Totales a excepción de la correspondiente al Río Desagüe de La Laguna de San Juan.

Los puntos de muestreos ubicados 10 m antes de las descargas demuestran que antes que el río afluente realice su descarga la concentración es menor y esta se ve aumentada al realizar la descarga el río; encontrándose de esa manera una mayor concentración en los puntos ubicados a 100m después de la de descarga. Sin embargo, la diferencia encontrada entre el punto a 100 m después de la descarga de un río y el punto a 10 m antes de la descarga de otro río es atribuida a factores de dilución, oxigenación del agua y depuración, recordando que los Coliformes Fecales especialmente *Escherichia coli* no son microorganismos residentes del agua.

Los promedios más altos de presencia y concentración de *Escherichia coli* en ambos puntos de muestreo fueron obtenidos en el Río Miraflores, esto se explica debido a la alta concentración de habitantes en las riberas de los ríos, juntamente con las ganaderías existentes en este lugar.

Las diferencias que existen entre concentraciones de *Escherichia coli* entre sitios de muestreos demuestran que la cuenca media del Río Grande de San Miguel posee factores que favorecen la autodepuración en su recorrido, de esta manera la contribución que cada

río afluente aporta será disminuida hasta la presencia de la descarga de otro afluente importante.

En el empleo del análisis estadístico se encontró que entre los sitios de muestreos resultaron ser no significativo en ambos puntos de muestreos. Debido a que no existen diferencias extremas entre sitios de muestreos, a pesar de que los promedios encontrados en cada uno de los sitios de muestreos reflejan la excesiva cantidad de *Escherichia coli* presente en la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

La concentración de *Escherichia coli* en las aguas de los ríos demuestra que está agua esta siendo contaminada por materia fecal, debido a que es una bacteria que se encuentra en el tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente y produce diversidad de enfermedades; además, esta puede ser ingerida por medio del consumo de agua contaminada con posibles trastornos gastrointestinales o por contacto al bañarse.

El cuadro 3D y figura 3B presenta los resultados encontrados durante los cuatro meses de estudio del total de sitios en que se realizaron los muestreos. Las menores concentraciones de *Escherichia coli* se registraron en los meses de Julio y Septiembre y Las mayores concentraciones se registraron en los meses de Agosto y Octubre.

Los resultados obtenidos están determinados por la precipitación registrada en el sitio de estudio, según los datos Registrados en la Estación Meteorológica el Papalón en San Miguel, Agosto fue el mes de menor precipitación y Septiembre presentó mayor concentración.

Asimismo, al comparar los resultados registrados de *Escherichia coli* con los resultados presentes en el cuadro 2D y Figura 2B de Coliformes Fecales demuestran una gran diferencia entre meses de muestreo, esto se explica debido a la concentración de otras bacterias del grupo de Coliformes Fecales, encontrándose en el mes de Julio una baja de *Escherichia coli* comparada con los datos del cuadro 3B lo cual representa mayor presencia de las otras bacterias de este grupo y menor presencia de *Escherichia coli* en comparación a los otros meses.

Los meses de muestreos presentan variaciones en los promedios de concentración de *Escherichia coli* en la cuenca media del Río Grande de San Miguel, esto es favorecido por su recorrido y las variaciones existentes entre la cantidad de precipitación que se registraron a diario en el sitio de estudio.

De acuerdo con el análisis estadístico se demuestra que los meses analizados son no significativos para el punto ubicado 10 m antes de la descarga; no así para el punto 100 m después de la descarga, por lo que se aplicó una prueba de Duncan en la que se encontró

que el mes con mayor porcentaje fue Octubre, esto se le atribuye a que en este mes las condiciones de lluvia fueron mínimas permitiendo así una mayor presencia de *Escherichia coli*.

Los resultados de la contribución de Coliformes Totales por cada uno de los ríos afluentes estudiados, detallados en el cuadro 4A muestran una gran diferencia, encontrándose los mayores promedios en el Río El Jute durante el mes de Agosto. La precipitación fue un factor que contribuyó a que se registraran datos diferentes durante el período de estudio para cada uno de los ríos afluentes.

El porcentaje de contribución de Coliformes Totales descritos en el cuadro 4B y figura 4A muestra que las menores concentraciones se registraron en los ríos de los extremos de la cuenca media en estudio. El extenso recorrido de los ríos y escasos núcleos poblacionales ubicados en sus riberas es un factor que favoreció para que se registraran estos datos, al contrario en los ríos donde se registraron las mayores concentraciones de contribución de Coliformes Totales, se caracterizan por su alta densidad de habitantes y las actividades realizadas son a los factores que se les atribuye este resultado.

El Río El Rebalse presenta una disminución de concentración de Coliformes Totales, en cuanto a su contribución; observándose que su cuenca se encuentra ubicada lejos de la ciudad y no se observó ningún tipo de ganadería, aunque núcleos poblacionales dispersas lo cual permite que el río no contribuya con gran cantidad de Coliformes Totales.

En el análisis estadístico se encontró que los tratamientos de muestreos resultaron ser altamente significativos, por lo que se hizo necesario aplicar una prueba de Duncan, en la que se encontró que el Río El Jute contribuye con una mayor cantidad de Coliformes, la cuenca de este río se encuentra ubicado en las áreas más industrializadas y colonizadas del lugar de estudio en comparación a los otros ríos. Además, cada uno de los ríos contribuye de acuerdo a sus características de ubicación y población residente y tipo de actividad.

Los promedios de contribución de Coliformes Totales en cada uno de los meses de estudio presentados en el cuadro 4C y figura 4B son muy diferente, encontrándose que en Agosto se reportó la mayor contribución y en el mes de Septiembre se registró la menor contribución.

La precipitación registrada durante los meses de estudio determina que en Agosto se dio un menor porcentaje de precipitación, y en el mes de Septiembre la mayor precipitación en la zona de estudio, (Anexo 3) lo que permite decir que la contribución de los ríos afluentes en los meses de estudio fue favorecida por la precipitación pluvial.

La contaminación en el Río Grande de San Miguel por sus ríos afluentes se puede inferir que no es constante, de acuerdo con los resultados obtenidos, además; esta sujeta a factores ambientales como lo es la precipitación pluvial, actividad ganadera, migraciones poblacionales, que van a favorecer el incremento o disminución de dichas bacterias; Además, podría afirmarse que la contribución de contaminantes microbiológicos podrá ser diferente en cada época del año, si las concentraciones vertidas a los ríos tuvieran un control.

De acuerdo con el análisis estadístico se demostró que los meses de muestreos son altamente significativos por lo que se hizo necesario aplicar una prueba de Duncan, en la que se encontró que el mes de agosto se aportó una mayor cantidad de Coliformes Totales esto es explicable de acuerdo a que Julio y Agosto son meses caniculares y la relación de aumento es por la escasez de lluvia, de acuerdo con los datos obtenidos en la Estación meteorológica El Papalón de San Miguel (Anexo 3)

Los datos de contribución de Coliformes Fecales presentados en el cuadro 5A muestran diferentes concentraciones durante el mes de estudio, este resultado pudo ser favorecido debido a la ubicación geográfica de cada río afluente y la precipitación registrada durante los meses de estudio.

El cuadro 5B y figura 5A señalan los promedios de la contribución de Coliformes Fecales que los ríos afluentes aportan a la cuenca media del Río Grande de San Miguel, se observa que a lo largo de esta cuenca los ríos contribuyen con grandes cantidades de Coliformes Fecales, encontrándose los mayores promedios en el Río Desagüe de La Laguna de San Juan, asimismo, los menores promedios fueron registrados en los extremos del área de estudio correspondiente al Río Guayabal y Río Desagüe de la Laguna de Olomega. Los ríos El Jute y El Rebalse muestran una baja del promedio de contribución comparadas con los ríos Taisihuat y Desagüe de la laguna de San Juan.

Los ríos en estudio se encuentran localizados a lo largo del departamento de San Miguel (Fig. 1). El Río Desagüe de La Laguna de San Juan se encuentra localizado en la zona rural del departamento de San Miguel, observándose una gran cantidad de núcleos poblacionales en la ribera del río, además; la ganadería es una actividad que predomina en esa zona lo que permite el incremento de disposición de excretas, permitiendo una mayor contribución de Coliformes Fecales.

La aplicación del análisis estadístico demostró que los sitios de muestreos resultaron ser no significativos desde el punto de vista de variaciones entre ellos, sin

embargo; las altas concentraciones que cada uno de estos ríos aporta a la cuenca media del Río Grande de San Miguel son muy altas.

Los resultados demuestran que los promedios de Coliformes Fecales aportados los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel en los diferentes meses de estudio detallados en el cuadro 5C y figura 5B es alta, el mayor aporte se registró en el mes de Julio explicándose que la disposición de Coliformes Fecales es alta al dato obtenido en el cuadro 4C de Coliformes Totales.

Asimismo, el alto promedio encontrado durante el mes de Julio se relaciona a una disminución de las precipitaciones registradas en la región de estudio (anexo 3) lo cual es corroborado con la figura 2D la cual muestra que en este mes se registró la mayor concentración en el punto ubicado 100 m después de la descarga.

El análisis estadístico aplicado demuestra que los meses de muestreos no resultaron ser significativos en cuanto a variaciones de contribución de todos los ríos afluentes en los meses de estudio, no obstante, la cantidad aportada en la cuenca media representa el incremento de la contaminación.

Los datos presentados en el cuadro 6A señalan que los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel contribuyen a la contaminación de una manera constante por la bacteria *Escherichia coli*. Los resultados muestran que durante la investigación las concentraciones encontradas son altas y sobrepasan los límites permisibles por las normas de calidad de aguas salvadoreñas.

Los promedios de contribución de *Escherichia coli* mostrados en el cuadro 6B y figura 6A determinan que el mayor promedio de contribución de *Escherichia coli* fue aportado por el Río el Jute y la menor concentración por el Río Guayabal. Comparando con la figura 5B que muestra los datos de contribución de Coliformes Fecales donde se encontró una disminución en el Río El Jute de estas bacterias, lo que explica una mayor presencia de la *Escherichia coli*, relacionado a otras bacterias presentes del grupo de los Coliformes Fecales.

El análisis estadístico aplicado demostró que los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel son no significativos, pero las concentraciones de *Escherichia coli* con que cada río contribuye a la cuenca media del Río Grande de San Miguel son altas.

Los promedios de contribución de *Escherichia coli* de los sitios estudiados permite afirmar que la contaminación por materia fecal de animales de sangre caliente es

una de las fuentes fundamentales de contaminación, permitiendo que cada uno de estos ríos contribuya con la contaminación en la cuenca media del Río Grande de San Miguel.

Los promedios de contribución de *Escherichia coli* analizada por meses de estudio del total de ríos, detallados en el cuadro 6C y figura 6B demuestran que el mayor aporte se produjo en el mes de Agosto y el menor promedio de contribución se registro durante el mes de Septiembre.

Durante el mes de Agosto se presentaron las precipitaciones más bajas, por otra parte las altas precipitaciones se registraron en el mes de Septiembre en la zona de estudio. (Anexo 3) Comparando con la figura 5B que muestra los promedios de contribución de Coliformes Fecales se encontró que el mayor porcentaje fue registrado en el mes de Julio de estas bacterias. La diferencia encontrada entre la figura 5B y 6B están determinadas por la presencia o ausencia de las otras bacterias diferentes a la *Escherichia coli* que pertenecen al Grupo de Coliformes Fecales.

Los promedios registrados de la contribución de *Escherichia coli* determinan que la cuenca media del Río Grande de San Miguel está siendo contaminada con materia fecal por los ríos afluentes, y de esta manera se perjudica la calidad del agua de acuerdo al número de UFC/100 mL encontradas. Estadísticamente se demostró que los promedios de contribución de *Escherichia coli* por meses de muestreo del total de ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel son no significativos, esto determina que las concentraciones registradas entre meses son similares.

En el cuadro 7A y figura 7A se muestran la correlación existente entre la contribución por Coliformes Totales y Coliformes Fecales de los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Los ríos que presentaron mayor contribución de Coliformes Totales están influenciados por la alta concentración de Coliformes Fecales, De acuerdo con el análisis estadístico aplicado se encontró una correlación de 0.71 mostrándose un grado de correlación Alto y la relación entre las variables es Intensa esto se explica por la ubicación geográfica que cada subcuenca estudiada posee.

Los promedios de Coliformes Fecales encontrados en el presente estudio reflejan el alto grado de contaminación del agua por descargas fecales, vertidas por los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel; por otra parte determinan que la mayor concentración de Coliformes Totales en unos sitios de muestreo está dada por los Coliformes Fecales.

En el cuadro 7B y figura 7B se presenta La aplicación del coeficiente de correlación de Pearson a los datos obtenidos de la contribución de Coliformes Totales y

Coliformes Fecales de los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel por meses de muestreo determinó la presencia de un grado de correlación Moderada y una relación entre las variables considerables.

La época lluviosa en la que se realizó el estudio fue un factor que influyó para que las variables en estudio presentaran moderada correlación, debido a las altas y bajas precipitaciones que se registraron en la región de estudio. Se demostró que durante los meses estudiados la presencia de Coliformes Totales estaba determinada en un 50% de Coliformes Fecales, determinando que estas bacterias se encuentran en gran porcentaje como fuente de contaminación microbiológica en la cuenca media del Río Grande de San Miguel. Y que el otro 50% de Coliformes Totales eran producto de los coliformes del suelo que llega a los cuerpos de agua por escorrentía.

CONCLUSIONES

- Las concentraciones de Coliformes Totales y Fecales encontradas en la cuenca media del Río Grande de San Miguel sobrepasan los límites permisibles en un cuerpo hídrico receptor, lo que indica una alteración biológica y ecológica del recurso.
- El alto nivel de concentración de Coliformes Totales presentes en cada punto de muestreo de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel determina la constante contaminación por vertido de aguas negras y residuales sin ningún tratamiento.
- Las descargas de los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel son fuente principal de contaminación, debido a que estos reciben las aguas domésticas e industriales a lo largo de su recorrido sin tratamiento previo.
- La cuenca media del Río Grande de San Miguel está siendo contaminada con materia fecal a lo largo de su recorrido, mostrándose regiones de mayor interés debido a una mayor concentración de *Escherichia coli*.
- La presencia de Coliformes Totales se encuentra determinada por la alta concentración de Coliformes Fecales, siendo estos los coliformes predominantes en la contaminación microbiológica con la que contribuyen los ríos afluentes a la cuenca media del Río Grande de San Miguel.
- El Río Grande de San Miguel presenta un mecanismo de autodepuración que permite que las concentraciones de coliformes como producto de las descargas de los ríos afluentes no aumente en forma gradual hacia una alta tasa al final de la cuenca media.
- La precipitación es un factor que contribuye con la dilución de los contaminantes microbiológicos, debido al aumento del nivel del agua en los ríos receptores que contribuye a que los contaminantes microbianos se encuentren en menor proporción.

- La urbanización, la industrialización y la falta de educación ambiental presentes en la zona de estudio, contribuyen a un aumento desmesurado de contaminantes en el recurso hídrico, incompatible con la potabilización natural.

- El impacto producido por las actividades humanas sobre los cursos de agua da como resultado la alteración del equilibrio natural de los sistemas hídricos, en este caso desde el punto de vista para el consumo

RECOMENDACIONES

- Efectuar un programa de monitoreo sobre la concentración de contaminantes microbiológicos en toda la cuenca del Río Grande de San Miguel y de ser posible ampliarlo a la zona de los ríos afluentes.
- Disponer de un mejor control sobre las descargas de aguas residuales que son vertidas al río sin ningún tratamiento, ya que están perjudican la calidad del agua y contribuyen con la pérdida o devaluación de recursos naturales.
- Realizar proyectos de protección de cuencas en el Río Grande de San Miguel, que permitan un mejor manejo del recurso con fines de beneficiar a la población.
- Fomentar proyectos de educación ambiental que permitan la concientización de los habitantes sobre el manejo adecuado del recurso hídrico, disposición de excretas, tratamiento de aguas industriales, entre otros.
- Ejecutar estudios complementarios de la contaminación en la cuenca del Río Grande de San Miguel para puntualizar el estado de contaminación y decretar si el río es rescatable.
- Aplicar otros parámetros de estudio de la calidad del agua para mantener un índice de la calidad y determinar otras utilidades.
- Establecer regimenes de muestreo como parte del cumplimiento de leyes, en el cual el descargador debe conocerlos como parte importante del control de calidad y reglamentación de la descarga.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. **AGENCIA DE COOPERACION INTERNACIONAL DEL JAPÓN. (JICA), 1997.** El Estudio de Control Integral de Crecidas en el Río Grande de San Miguel en la República de El Salvador. Borrador del informe final, Informe principal. Ministerio de Agricultura y Ganadería. 6-34 pp.
2. **ALBERT, L.A. 1990.** Toxicología Ambiental. Curso básico. Editorial Limusa, México, D. F. 47-49 pp.
3. **AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), 1986.** Standard Methods for the Examination of Water and, 16 Th. end, American Public Health Association, Washington DC. USA.
4. **AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM), 1976.** Manual de Aguas para Usos industriales. Tercera edición. Editorial Limusa, S.A. México D. F. 456pp.
5. **ATLAS GEOGRÁFICO UNIVERSAL Y DE EL SALVADOR. 1998.** Editorial OCEANO S. A. Barcelona, España. XX pp.
6. **ATLAS, R. M. 1995.** Microorganisms in our World. Mosby – Year Book, Inc. 763 pp.
7. **BASUALDO, J. A; C. E. Coto y R. A. de Torres. 1996.** Microbiología Biomédica Editorial Atlante S.r.l Buenos Aires.270-275pp
8. **BROCK, D.T y M. T Madigan. 1993.** Microbiología. Prentice may Hispanoamericana S.A México. 210-375 pp.
9. **BUTEL, J. S; G. F. Brooks, y S. A. Morse. 1999.** Microbiología Médica de Jawetz, Melnick y Adelberg. 16^a Edición. Editorial el Manual Moderno, México, D. F.- Santafé de Bogotá. 267-289. pp.
10. **CAMACHO, R. M. Greg y G. Plaites. 1998.** Aguas Salvadoreñas Capital de Trabajo para la Nación. Proyecto Protección de Medio Ambiente. GOES/USAID 519-0385 San Salvador El Salvador, 56 pp.
11. **CONACYT. 1996.** Norma Salvadoreña: Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. ICS 13.060. NSO 13.07.03:98. 10 pp.
12. **INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL 1986.** Diccionario Geográfico de El Salvador, Ministerio de Obras Públicas, “ Ingeniero Pablo Arnoldo Guzmán ” Tomo I y II, San Salvador, El Salvador. 1458 pp.

13. **DUTKA, B. J. 1989**, Methods for Microbiological and Toxicological Analysis of Water, Wastewater and Sediments, National Water Research Institute. 1-17 pp.
14. **ESPINAL, A. M. 1993**. Análisis Bacteriológico y Físico-Químico de Agua de Consumo del Municipio de San Miguel, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Matemática, Universidad de El Salvador. (Tesis de Licenciatura) 71 pp.
15. **FERRERO, J. M. 1974**. Depuración Biológica de las Aguas. Editorial AIHAMBRA. S. A. Madrid. 6-37 pp.
16. **FLORES, C. 1995**. Contaminación del Agua. Historia Natural y Ecológica de El Salvador. Cáp. XVI. Tomo II Ministerio de Educación República de El Salvador.
17. **GESSNER G. 1985**. Diccionario de Química y Productos Químicos, Editorial Omega España S.A. 25 pp.
18. **GLOYNA, E. F. 1973**. Estanques de Estabilización de Aguas Residuales. Organización Mundial de la Salud. 48-119 pp.
19. **HARLEY, J. P.; D. A. Klein; y L. M. Prescott. 1995**. Microbiology. Third Edition. Wm. C. Brown Publishers. 935 pp.
20. **KOBAYASHI G. S; P. R. Murria; M. A. Pfalle y K. S. Rosenthal, 1997** Microbiología Medica 2da Edición, Editoriales Mosby. 555 pp.
21. **LANDAFUERTE, J. G. 1969**. Química del Agua. Editorial Bellisco. Madrid. 384-389 pp.
22. **LEHNINGER, A. L. 1982**. Principles of Biochemistry. 2 th. Ed. Worth Publisher, Inc. NY, USA.
23. **LOPEZ J. R y M. L. Sánchez. 1997**. Guía Didáctica III de Educación Ambiental del Medio Ambiente y la Comunidad. Ministerio de Educación. El Salvador. 151-157 pp.
24. **MARTINEZ, C. A. y P. U. Navarro. 2001**. Determinación de la Calidad Físico-Químico de las Descargas de Aguas Residuales Municipales de la Ciudad de San Miguel al Río Grande. Escuela de Química, Facultad Multidisciplinaria de Oriente, Universidad de El Salvador. (Tesis de licenciatura), 80 pp.
25. **MIMS C, J. Playfair, I. Roitt, D. Wakelin y R. Williams. 1999**. Microbiología Médica. 2ª Edición; Mosby Internacional Limited, Harcourt Brace. 584 pp.
26. **MOE, Christine. 1992**, Standard Methods For the Examination of Water and Wastewater. 18th Edition. 9-45 pp.

27. **MINISTERIO DEL MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES (MARN). 2000. Ley del Medio Ambiente y su Reglamento. Diario Oficial. Tomo N° 339. Republica de El Salvador, América Central San Salvador. 30-100 pp.**
28. **MINISTERIO DE SALUD PÚBLICA Y ASISTENCIA SOCIAL UNICEF. 1998.** El Agua para tomar. Manual de Educación Sanitaria para la persona facilitadora. Agencia sueca para el Desarrollo Internacional Gobierno de El Salvador.
29. **NESTER, E. W.; N. N. Pearsall; J. B. Roberts; y C. E. Roberts. 1982.** The Microbial Perspective. (Saunders) college, publishing USA.
30. **ODUM, E. 1995.** Ecología Peligra la Vida. 2^{da} Edición. Nueva Editorial Interamericana, S.A. de C. V. México. D. F 268 pp.
31. **ORGANIZACIÓN PANAMERICANA DE LA SALUD. (OPS/OMS) 1999.** Control de la Calidad del Agua. Guía Para la Aplicación de Principios Relacionados con la Calidad del Agua. Lima Perú Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. PNUMA CCAAS Y OMS
32. **ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (OMS) 1995.** Guía para la Calidad del Agua Potable. 2^a Edición. Volumen 1. 195 pp.
33. **RODRIGUEZ, J. M. 1991.** Métodos de Investigación Pecuaria. Editorial Trillas. México UAAAN. 39 – 53 pp.
34. **S.N. 2001.** Proyecto AGUA, Acceso, Gestión y Uso Racional del Agua, Calidad del Agua, Técnicas Participativas Para la Educación Ambiental, San Salvador El Salvador 64pp
35. **TURK, A.; J. Turk, j y J. T. Wittes. 1973.** Ecología-Contaminación –Medio Ambiente. Editorial Interamericana. México. 227 pp.

LITERATURA DE INTERNET

- ✓ <http://www.cai.org.ar/medioambirbiente.glosario.htm>
- ✓ www.contenidos.com/ecología/contaminación-ríos-lagos/autodepuración.htm
- ✓ <http://biblio.edu.uy/~microbio/aplica.html>.
- ✓ <http://mx.msnusers.com/AguaCont>
- ✓ http://www.ara.mil.ar/actividades/Intereses_Marítimos/contaminación_definici%C3%B3n.htm

FORMAS DE CONTAMINACION DEL AGUA

Al descargar drenajes con aguas negras y arrojar basura de toda clase.



Al lavar la ropa, trastos y otros objetos que ensucian el agua, o al bañarse en las fuentes de abastecimiento de agua.

Los pozos destapados están expuestos a la contaminación siendo más seguro que encontremos gérmenes o microorganismos infecciosos.



El agua que consume el ser humano debe ser de buena calidad y libre de contaminación.



(El agua que proviene de los ríos y lagos no debe ser utilizada para tomar, porque puede transmitir enfermedades).

ANEXO 2

Cuadro anexo A-1. Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Totales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	729621000000	91202590278	7.73**	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	74028666667	24676222222	2.09 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	283051000000	11793784722			
<i>Total</i>	35	1086700000000				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-2. Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Fecales a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	526310556	65788819.4	1.79 ns	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	438960833	146320278	3.98 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	881231667	36717986.11			
<i>Total</i>	35	1846503056				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-3. Análisis de varianza de la concentración de *Escherichia coli* a 10 metros antes de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	205497222	25687152.8	1.45 ns	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	221402222	73800740.7	4.18 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	423362778	17640115.74			
<i>Total</i>	35	850262222				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-4. Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Totales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	3.83065E+12	4.78832E+11	8.39 **	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	4.44316E+11	1.48105E+11	2.59 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	1.36851E+12	57021298611			
<i>Total</i>	35	5.64348E+12				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-5. Análisis de varianza de la concentración de Coliformes Fecales a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	1869863889	233732986	4.91 **	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	564438889	188146296	3.95 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	1142336111	47597337.96			
<i>Total</i>	35	3576638889				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-6. Análisis de varianza de la concentración de Escherichia coli a 100 metros después de las descargas de nueve ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	500420000	62552500	1.93 ns	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	511308889	170436296	5.26 **	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	777331111	32388796.3			
<i>Total</i>	35	1789060000				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-7. Análisis de varianza de la contribución de Coliformes Totales de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i>	<i>F Tabla</i>
					5%	1%
<i>Tratamientos</i>	8	1.47	1.83728000000	4.93 **	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	6.07	2.02213000000	5.42 **	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	8.94	37243185185			
<i>Total</i>	35	2.97				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-8. Análisis de varianza de la contribución de Coliformes Fecales de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002.

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i>	<i>F Tabla</i>
					5%	1%
<i>Tratamientos</i>	8	618198889	77274861.1	1.20 ns	2.4	3.45
<i>Bloques</i>	3	677436389	225812130	3.53 ns	3.05	4.82
<i>Error</i>	24	1534181111	63924212.96			
<i>Total</i>	35	2829816389				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa (p<0.05)

** : si diferencia estadística significativa (p<0.01)

Cuadro anexo A-9. Análisis de varianza de la contribución de Escherichia coli de los ríos afluentes de la cuenca media del Río Grande de San Miguel durante el período de Julio –Octubre del año 2002

<i>F de V</i>	<i>Gl</i>	<i>Sc</i>	<i>CM</i>	<i>Fc</i>	<i>F Tabla</i> 5%	<i>F Tabla</i> 1%
<i>Tratamientos</i>	8	121505556	15188194.4	0.49 ns	2.36	3.36
<i>Bloques</i>	3	80522222.2	26840740.7	0.87 ns	3.01	4.72
<i>Error</i>	24	738007778	30750324.07			
<i>Total</i>	35	940035556				

ns : no significativo

* : si diferencia estadística significativa ($p < 0.05$)

** : si diferencia estadística significativa ($p < 0.01$)

ANEXO 3

Datos de precipitaciones registradas en la Estación Meteorológica El Papalonas San Miguel en el año 2002.

Día	Mes			
	Julio (mL)	Agosto (mL)	Septiembre (mL)	Octubre (mL)
1	0	0	45.5	0.9
2	0	0	3.5	31.7
3	37.3	7.3	9.5	0
4	0	0	22.5	3.3
5	24.5	0	22.5	9.5
6	12.4	0	2.0	22.1
7	0	0	0	25.8
8	0	0	0	38.5
9	0	0	5.6	0
10	0	25.7	7.0	0
11	0	21.3	9.0	0
12	18.5	0*	0.7	4.1
13	0	0	0	6.8*
14	1.4*	0	35.8	0
15	0	0	2.1*	0
16	0	0	0	0
17	6.5	0	0.6	24.6
18	0	43.3	24.0	0
19	0	0.9	0	0
20	11.7	0	2.3	1.6
21	62.3	0	0	0
22	2.5	28.7	12.4	0.4
23	0	3.0	12.9	0
24	0	4.3	4.7	1.5
25	0	0	0.1	0
26	6.9	8.9	0	2.7
27	0	26.5	10.1	54.4
28	1.7	17.5	0	0
29	0	0	0	13.3
30	22.0	0	23.3	0
31	31.9	31.5		0
Total	239.6	218.9	458.5	241.2
X	7.72	7.06	15.28	7.78

* Día de muestreo.



Control de
Calidad del agua

Análisis bacteriológico del agua

Comunidad _____ muestra # _____

Sitio de extracción _____

Lugar _____

Fuente _____

Fecha de extracción ____ / ____ / ____ hora _____

Fecha de análisis ____ / ____ / ____ hora _____

Resultados.

Coliformes totales _____/100ml

Coliformes fecales _____/100ml

E. coli _____/100ml

Agua bacteriológicamente

Buena	Mala
-------	------

Laboratorista

ANEXO 5

NORMA SALVADOREÑA

NSO 13.07.03:98

CONACYT

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.

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	Administración Nacional de Acueductos Alcantarillados, 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-poli-hidricos 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 -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 continúa de radiación nuclear: alfa, beta. Gamma.

3.18 Responsable de la descaiga: persona natural o jurídica que viene 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 2 r 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 CuSO ₄ /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 1 mL Conc. HSO 1mL		1000
Mercurio	Vidrio o teflón	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 nitrato +nitrito	Polietileno	enfriar 4 C	24 horas	1000
Pentaclorofenol	Vidrio	HPO A Ph ⁴ y 1.0 g CuSO ₄ /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

Continua

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
Recoleccion y preservación de las muestras	1060	
Selenio	3500 - Se	D 3859 - 93
Sólidos sedimentables		
Sólidos suspendidos (aguas domesticas)	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-

ANEXO A
(Informático)
Bibliografía

- 1 Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología NSO 13.07.01:97. Agua Potable. El Salvador, 1997
- 2 Superintendencia de Servicios Sanitarios. Norma técnica relativa a Descargas de Residuos Industriales Líquidos. Chile, 1992.
- 3 Comisión Nacional del Medio Ambiente. Autoridad para el manejo sustentable de la cuenca y el Lago de Amatitlan. Propuesta de modificación. Guatemala. Julio, 1997.
- 4 Reglamento de Vertido y Rehusó de Aguas Residuales. La Gaceta. Costa Rica. Junio, 1997.
- 5 Normas para la Clasificación y el Control de Calidad de los Cuerpos de Agua y Vertidos o Efluentes Líquidos. Venezuela. Diciembre de 1995.
- 6 Aguas Limpias para Colombia al menor costo. Ministerio del Medio Ambiente. Colombia. Agosto, 1997.
- 7 Legislación Ambiental en Colombia. Asociación Colombiana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental Colombia. Agosto, 1997.
- 8 Norma Oficial Mexicana NOM-CA-016-ECOL/1993. México, 1993.
- 9 Manual de Gestión de la Calidad ambiental. Ing. Raúl Arando. Guatemala, 1996.
- 10 Normas de Laboratorio, Standard Methods. Edición 1995.
- 11 Anual Book of ASTM standards: Water and Environmental Technology. American Society for Testing and Materials. ASTM. USA. 1994.