

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



**“EVALUACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN EN EL RÍO TALNIQUE Y
EL EFECTO DE SUS AFLUENTES MEDIANTE LA APLICACIÓN DE
ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA”**

Trabajo de Graduación Presentado por:
INGRID JEANNETTE HÉRCULES ORELLANA
DEISI LILIAN MERLOS ZAMORA

Para optar al Grado de:
LICENCIADA EN QUÍMICA Y FARMACIA

Febrero 2003

San Salvador, El Salvador, Centroamérica



© 2001, DERECHOS RESERVADOS

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento,
sin la autorización escrita de la Universidad de El Salvador

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Rectora

DRA. MARÍA ISABEL RODRÍGUEZ

Secretaria General

LIC. LIDIA MARGARITA MUÑOZ VELA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

Decana

LIC. MARÍA ISABEL RAMOS DE RODAS

Secretaria

LIC. ANA ARELY CÁCERES MAGAÑA

JURADOS

LIC. MARÍA EVELYN SÁNCHEZ DE RAMOS

LIC. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

LIC. RENÉ ANTONIO RODRÍGUEZ SORIANO

ASESORES

LIC. MARÍA ELISA VIVAR DE FIGUEROA

ING. ROXANA FLORENCIA RODRÍGUEZ DE CASTILLO

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso, por habernos dado las fuerzas para que culmináramos con éxito nuestra carrera.

A Nuestras Familias, por brindarnos su apoyo y comprensión incondicional desde nuestros primeros pasos hasta alcanzar esta meta.

A los Honorables Miembros del Jurado Calificador, por la evaluación efectiva que realizaron de nuestro Trabajo de Graduación.

A Nuestras Asesoras, por el tiempo dedicado y el apoyo demostrado a lo largo de todo el proceso de elaboración de este documento.

Al personal perteneciente al Programa Ambiental de El Salvador (PAES), por proporcionarnos todo el soporte teórico y técnico para llevar a cabo esta investigación.

A Nuestros Amigos, quienes estuvieron con nosotras en cada etapa de nuestro desarrollo como profesionales.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	i
II.	OBJETIVOS.....	9
1.	Fundamentos Teóricos.....	10
	Contenido de las Aguas.....	10
	Contenido Biológico de las Aguas.....	13
	Contenido Mineral de las Aguas Naturales.....	14
2.	Normas de Calidad de Aguas Residuales.....	15
3.	Parámetros de Calidad de Aguas Superficiales.....	18
	Parámetros de Campo.....	19
	Parámetros de Laboratorio.....	23
4.	Tratamientos de Aguas Residuales.....	33
	Procesos de Tratamiento.....	33
	Tipos de Tratamiento.....	34
	Definición y Características Generales.....	35
5.	Índices de Calidad de Aguas (ICA).....	43
	La Calidad como una Dimensión del Agua.....	43
	Selección de un Índice de Calidad de Aguas “ICA”.....	46
	Ventajas de Aplicación de un Índice de Calidad de Agua.....	47
	Desarrollo de Índices de Calidad.....	48
	Clasificación de los Índices de Calidad de Aguas.....	50
	Estimación del Índice de Calidad de Aguas.....	51
	Cálculo Para Determinar El Índice de Calidad de Aguas.....	59
6.	Metodología.....	62

6.1	Ubicación Geográfica y Descripción del Área de Estudio.....	62
6.2	Selección de los Puntos de Monitoreo.....	65
7.	Parte Experimental.....	70
7.1	Trabajo de Campo.....	70
7.2	Trabajo de Laboratorio.....	72
8.	Datos Experimentales.....	74
9.	Interpretación de Resultados en Análisis Físico-Químico y Microbiológico de la Subcuenca.....	93
10.	Datos Experimentales para Determinación de ICAs.....	107
10.1	Análisis de Resultados de ICAs.....	112
11.	Propuesta para el Mejoramiento de la Calidad de las Aguas del Río Talnique y de sus Afluentes.....	122
12.	Resumen.....	124
13.	Conclusiones.....	126
14.	Recomendaciones.....	130
III.	BIBLIOGRAFÍA.....	132
IV.	ANEXOS	
	• Anexo I: Glosario	
	• Anexo II: Mapa de los Puntos Monitoreados en el Río Talnique	
	• Anexo III: Cuadro de Solubilidades del Oxígeno	
	• Anexo IV: Propuesta de Norma Salvadoreña de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor del CONACYT	

- Anexo V: Registro PROCAFÉ y MAG de lluvias en Meses de Enero-Junio
- Anexo VI: Metodologías de Análisis Físico-Químicas para Aguas
- Anexo VII: Cuadro de Industrias Contaminantes

INDICE DE GRÁFICOS

1. Gráfico IA (Temperatura).....	80
2. Gráfico IIA (pH).....	80
3. Gráfico IIIA (Conductividad).....	81
4. Gráfico IVA (Turbidez).....	81
5. Gráfico VA (Color).....	82
6. Gráfico VIA (Sólidos Suspendidos).....	82
7. Gráfico VIIA (Caudal).....	83
8. Gráfico VIIIA (Oxígeno Disuelto).....	83
9. Gráfico IXA (Demanda Bioquímica de Oxígeno).....	84
10. Gráfico XA (Demanda Química de Oxígeno).....	84
11. Gráfico XIA (Alcalinidad).....	85
12. Gráfico XIIA (Dureza).....	85
13. Gráfico XIII A (Nitratos).....	86
14. Gráfico XIVA (Nitritos).....	86
15. Gráfico XVA (Nitrógeno Amoniacal).....	87
16. Gráfico XVIA (Fósforo Total).....	87
17. Gráfico XVII A (Fosfatos).....	88
18. Gráfico XVIII A (Detergentes).....	88
19. Gráfico XIX A (Cloruros).....	89

20. Gráfico XXA (Grasas Y Aceites).....	89
21. Gráfico XXIA (Sólidos Totales).....	90
22. Gráfico XXIIA (Sólidos Disueltos).....	90
23. Gráfico XXIII A (Sólidos Sedimentables).....	91
24. Gráfico XXIVA (Coliformes Fecales).....	92
25. Gráfico XXVA (Coliformes Totales).....	92
26. Gráfico de Resultados de Cálculo de ICAS Marzo-Abril.....	111
27. Gráfico de Resultados de Cálculo de ICAS Mayo-Junio.....	111

INDICE DE TABLAS

1. Tabla de Resultados de Análisis en el mes de Marzo.....	75
2. Tabla de Resultados de Análisis en el mes de Abril.....	76
3. Tabla de Resultados de Análisis en el mes de Mayo.....	77
4. Tabla de Resultados de Análisis en el mes de Junio.....	78
5. Tabla de Resultados Promedio de Análisis.....	79
6. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 01.....	107
7. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 02.....	107
8. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 03.....	108
9. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 04.....	108
10. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 05.....	109
11. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 06.....	109
12. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 07.....	110
13. Tabla de Datos en Determinación de ICAS, punto 08.....	110
14. Tabla de Porcentajes Obtenidos en Determinación de ICAS.....	111

INTRODUCCIÓN

Con los años un aspecto importante en la degradación del recurso hídrico ha sido la descarga directa de aguas contaminadas de origen doméstico, industrial y agrícola en cuerpos de agua, que a su vez son utilizados por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento. Por otro lado, la ampliación de los sistemas de alcantarillado en comunidades, el incremento de la industrialización, la fusión de pequeñas y medianas compañías locales, el establecimiento de rellenos sanitarios y otras medidas para la disposición de aguas residuales, han provocado un estado en donde el caudal de aguas residuales que ingresa a las aguas naturales, sobrepasa la capacidad de autopurificación de estas últimas.

El interés en la realización de este tipo de estudios se fundamenta en la determinación de estrategias que lleven a prevenir los daños que se pueden producir en la calidad de las aguas. Estos estudios se efectúan en subcuencas con el objetivo de aplicar posteriormente el mismo diseño de investigación en grandes cuencas.

El río Talnique, es uno de los afluentes del río Sucio. En su recorrido transporta aguas de diferentes niveles de contaminación originadas por descargas de aguas residuales domésticas de poblaciones como San José Los Sitios, granjas e industrias aledañas, beneficios de café y diversos afluentes.

La presente investigación contiene el estudio físico-químico y microbiológico (determinados en campo y en laboratorio) de las aguas superficiales del Río Talnique y sus afluentes, con el objeto de identificar y cuantificar los elementos contaminantes en dicho acuífero y de esta manera realizar propuestas para

mejorar la calidad del agua y elaborar recomendaciones para los diversos usos del recurso hídrico, de acuerdo a la clasificación sugerida por el sistema de evaluación de Índices de Calidad de Aguas, establecidos como recreación, riego, vida acuática, fuente de agua cruda para potabilizar y navegación. No obstante, el escaso caudal del río Talnique dificulta la aplicación de este último.

La investigación comprende uno de los planes estratégicos realizados por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), a través del Programa Ambiental de El Salvador (PAES), con el apoyo de estudiantes del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y de instituciones como la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES) que trabajan para lograr el mismo fin consistente en una evaluación ambiental mediante el monitoreo físico-químico y microbiológico de diversos puntos de muestreo ubicados estratégicamente a lo largo de la Subcuenca del río Talnique, teniendo así una visión global del estudio para mejorar la calidad de este recurso y con ello la disponibilidad en los usos del mismo.

Esta investigación se ha diseñado mediante un plan de muestreo, en donde las herramientas a utilizar para la interpretación de datos son Índices de Calidad de Aguas según Brown, así como el análisis de los resultados en promedios de los parámetros evaluados y los antecedentes relacionados a la problemática que pueden ser útiles, no sólo para comprender la importancia del estudio, sino también el enfoque de la investigación. Finalmente se incluye la bibliografía de los documentos consultados y las conclusiones y recomendaciones elaboradas a partir de los resultados obtenidos en la investigación.

OBJETIVO GENERAL

Evaluar el grado de contaminación del río Talnique y el efecto de sus afluentes mediante la aplicación de Índices de Calidad de Aguas.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Determinar el grado de contaminación físico-química y microbiológica existente a lo largo del río Talnique y sus afluentes.
2. Determinar la calidad del recurso hídrico en base a los resultados obtenidos en los diferentes puntos de muestreo durante los meses de marzo, abril, mayo y junio del año 2001.
3. Formular recomendaciones para el mejoramiento de la calidad del agua y para su uso en la Subcuenca según los Índices de Calidad establecidos.
4. Realizar una comparación entre los resultados obtenidos en la época lluviosa y la época seca para conocer el impacto y variación de la contaminación del Río en cada una de ellas.

1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1 CONTENIDO DE LAS AGUAS

Los cuerpos de agua son de naturaleza mineral y orgánica. Su composición hace que ésta sea un compuesto altamente estable, de alto poder disolvente en el cual ocurren muchas reacciones dentro de las que podemos mencionar las de oxidación y reducción. Además en ella ocurre la ionización de los cuerpos incorporados a su seno. Debido a esto las aguas no se encuentran químicamente puras, todos los cuerpos contenidos en su seno transmiten propiedades diversas (12).

El vapor de agua es la especie más cercana a la clásica forma de H_2O . Pero, al condensarse en lluvia y antes de caer sobre la faz de la tierra, empieza a ejercer sus diversas actividades. De la atmósfera misma toma aire, bióxido de carbono, nitrógeno, azufre, cloro, polvo, bacterias. Son las gotas de lluvia formadas por el vapor condensado las que a menudo requieren una partícula de polvo como núcleo.

En lechos de rocas las aguas se conservan cristalinas pero al correr sobre el suelo erosiona la superficie, volviéndose más o menos clara, según los lugares por donde pasa, terrenos labrados enturbian las aguas y presentan un exceso de materiales en suspensión por lo que sus caracteres físicos comienzan a transformarse.

En su movimiento sobre la superficie se intensifican dos procesos mecánicos: en mayor escala ocurre la trituración de los cuerpos en suspensión y menos

activamente se produce el depósito en el fondo de la corriente. Estos dos procesos obran favorablemente a la depuración del agua. Las aguas del curso final de los ríos suelen aumentar su contenido salino, volviéndose de mal sabor, de consistencia gruesa y fuerte turbiedad, pero en general las aguas de los ríos están sujetas a frecuentes poluciones y contaminaciones y no son apropiadas para abastecimientos, sin antes purificarlas ya que sus procesos de sedimentación no son tan intensos.

Del agua que cae sobre la superficie, parte se infiltra y a medida desciende a los mantos más profundos en ella ocurre mayor clarificación.

Junto con el contenido mineral, las aguas llevan cierto acervo orgánico. Fuera de las poblaciones y de los centros agrícolas y ganaderos, el contenido orgánico es principalmente de naturaleza vegetal y rápidamente tiende a transformarse en mineral de tal manera que a medida que el agua va de la superficie a los mantos subterráneos las materias vegetales se encuentran en mayor proporción.

Correlativamente al contenido orgánico se presentan especies vivientes de diversa categoría que influyen notablemente en el carácter salubre de las aguas (12).

Puesto que el contenido de las aguas determina sus atributos, es preciso conocer detalladamente los cuerpos que lo forman, en qué cantidad, con qué frecuencia se presentan, qué caracteres transmiten y los posibles daños a la salud que su utilización en condiciones inadecuadas conlleva. De esta manera nos referimos a sus características físicas, químicas y sanitarias.

Si se determinan sólo aspectos que no requieran alteraciones de tipo químico en el agua, como el color y la temperatura se dice que el análisis es físico, el cual

señala aspectos que sugieren la clase y cantidad de la materia contenida. En estos aspectos cabe hacer una división: aspectos propiamente físicos que pueden medirse con cierta precisión como:

- Turbidez
- Color
- Temperatura

Y otros que se miden por la sensación que produce en los órganos sensoriales del analizador llamados organolépticos:

- Sabor
- Olor

El anterior análisis es sólo sugestivo en cuanto se trata de la naturaleza química del contenido de las aguas. Las operaciones efectuadas para determinar este carácter constituye el análisis químico.

Por los análisis químicos se determinan los caracteres de:

- Alcalinidad
- Dureza
- Acidez
- Salinidad
- Concentración de Oxígeno
- Presencia de metales
- Putrefacción y Oxidación (DBO)

Debido a que el agua deberá reunir ciertos requisitos para su consumo o uso, las cualidades siguientes constituyen su análisis sanitario:

- Materias de origen orgánico
- Microorganismos vivientes

1.1.1 CONTENIDO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS

A) Organismos:

- Microscópicos superiores { Vegetales: Algas, Diatomeas y Hongos
Animales: Protozoarios, especies

- Bacterianos { ➤ Especies propias de agua
➤ Bacilos coli
➤ Estreptococos
➤ Especies Patógenas

B) Desechos Orgánicos Microscópicos:

- Elementos inofensivos: Arenas, Arcillas, Restos Vegetales.
- Elementos Contaminantes: Residuos de animales, restos orgánicos diversos.

Con el análisis microbiológico es posible determinar la presencia de especies microscópicas presentes. Su determinación se hace contando el número de microorganismos presentes que aparecen en un centímetro cúbico de agua. Bajo microscopio se estudian imperfectamente, por lo cual se analiza empleando un medio de cultivo en donde se desarrollan en condiciones óptimas de vida. De las observaciones hechas en dicho medio se deduce el número y la clase contenida de microorganismos.

En cuanto a formas de vida existentes en las aguas no incluyendo las especies acuáticas superiores, se tiene una gran variedad de flora y fauna microscópica esparcidas. Éstas, por sí mismas o por productos fisiológicos producen caracteres

nocivos, por lo tanto las aguas potables deben carecer de especies vivientes o desechos en ellas. Entre menor sea la cantidad de materia orgánica menor serán las especies acuáticas (12).

1.1.2 CONTENIDO MINERAL DE LAS AGUAS NATURALES

- Metaloides: Nitrógeno, Carbono, Azufre, Magnesio, Cloro, Silicio, Fósforo, Yodo.
- Metales: Sodio, Calcio, Hierro, Litio, Potasio.

Estos a su vez producen formas químicas más complejas con el oxígeno y el hidrógeno: Ácidos, Óxidos, Bases, Anhidros, Sales.

- Con menor frecuencia se presentan: Zinc, Cobre, Plomo, Manganeso (12).

2. NORMAS DE CALIDAD DE AGUAS RESIDUALES

El objetivo general de las normativas de calidad de aguas residuales es la prevención de molestias y la conservación de su calidad para ser utilizadas en diversos fines.

Respecto a las corrientes, en el transcurso del tiempo, se han establecido tres clases de normas para las aguas receptoras:

1. Normas que protegen la calidad de aguas receptoras al prescribir el grado de dilución de las aguas residuales que aportará la corriente receptora.
2. Normas para los efluentes, que prescriben el grado de calidad requerido para que se permita descargar los mismos en las aguas receptoras.
3. Normas respecto a las corrientes que prescriben la calidad requerida en las aguas receptoras en sí, después de que han recibido las aguas residuales o efluentes (22).

En la presente investigación resulta de mayor prioridad la aplicación de ésta última, debido a la escasa disposición de recursos económicos con los que cuenta el país.

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

El progreso en los métodos de tratamiento de agua permite el establecimiento de normas definidas sobre su calidad. Esto facilita el aprovechamiento útil y placentero del agua.

El manejo, disposición y uso del agua conlleva una serie de lineamientos considerados en las siguientes disposiciones:

1. El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales establece el Reglamento Especial de Aguas Residuales publicado en el Diario Oficial el 1° de junio del 2000, de acuerdo al artículo 1, se tiene como objeto velar porque las aguas residuales no alteren la calidad de los medios receptores, para contribuir a la recuperación, protección y aprovechamiento sostenible del recurso hídrico respecto de los efectos de la contaminación.

Las disposiciones plasmadas en este reglamento serán aplicables a todo el territorio nacional, sin importar el lugar del cual procedan las aguas residuales ni tampoco su destino.

2. El Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) integrado por representantes de la Empresa Privada, Gobierno, Organismo de Protección al Consumidor y Académico Universitario, se ocupa de prolongar la disposición del recurso agua para lo cual ha establecido una Propuesta de Normativa para Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. Esta norma tiene como objeto establecer las características y valores físico-químicos, microbiológicos y radiactivos permisibles que debe presentar el agua residual para proteger y rescatar los cuerpos receptores. El campo de aplicación de dicha norma se extiende a todo el país para la descarga de aguas residuales vertidas a un cuerpo receptor. Conlleva la finalidad de observar el cumplimiento de los valores

permisibles establecidos en esta norma de forma que no se causen efectos negativos en el cuerpo receptor tales como olor, color, turbiedad, radioactividad, explosividad y otros.

En síntesis esta norma contiene los valores permisibles que deberían reunir los parámetros de evaluación a utilizar sobre toda agua residual que se descargue sobre cualquier manto acuífero.

Para la evaluación de los parámetros considerados en esta investigación ha sido utilizada la Propuesta de Norma de Aguas Residuales descargadas a un Cuerpo Receptor NSR 13.07.03.00 generada por el CONACYT como referencia para la interpretación del contenido de contaminantes en el acuífero en estudio (ver Anexo VI).

3. PARÁMETROS DE LA CALIDAD DE AGUAS

SUPERFICIALES

Las aguas superficiales comprenden el agua lluvia, escorrentías caudal freático con flora (fuentes y manantiales), etc. Cada una de estas entradas y salidas puede contribuir con diferentes compuestos en la calidad del agua superficial. La escorrentía puede arrastrar compuestos orgánicos naturales, sedimentos, etc.

Las actividades humanas pueden aumentar la concentración de los compuestos existentes en un agua superficial o incorporar compuestos adicionales a ésta. Por ejemplo, el vertido de agua residual (bajo tratamientos o sin éste) que añade grandes cantidades de carga orgánica al agua superficial y el desbroce del terreno (agricultura) pueden dar como resultado una mayor erosión y carga de sedimento en el agua superficial (21).

La contaminación de las aguas superficiales podrá definirse como las máximas concentraciones de sustancias específicas que permanecen en el cuerpo hídrico por períodos de tiempo suficientes para provocar efectos que sean identificables (19). La calidad de agua puede definirse sobre la base de su caracterización física, química y biológica. Los parámetros físicos incluyen olor, color, temperatura, sólidos disueltos y en suspensión, turbidez y contenido de aceites y grasas. Los parámetros químicos asociados con el contenido de materia orgánica del agua incluyen la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO); los inorgánicos incluyen dureza, pH y presencia de sustancias como los cloruros, metales pesados (mercurio, plomo, cromo), nitrógeno orgánico,

amoníaco, nitrito, nitrato y fósforo. Las propiedades biológicas incluyen parámetros bacteriológicos como la presencia de Coliformes totales y fecales.

A continuación se presentan los principales aspectos de los parámetros de campo y de laboratorio analizados en esta investigación:

3.1 PARÁMETROS DE CAMPO (15):

a) OXÍGENO DISUELTO

La masa de agua de un río es capaz de absorber cierta cantidad de oxígeno proveniente de la atmósfera. Esta capacidad esta en función directa de la calidad del agua del río y de la temperatura ambiente y se conoce como el valor de saturación.

Las fuentes de oxígeno en el agua son, principalmente, la aireación y la fotosíntesis de las algas. Su remoción se debe a la respiración de los vegetales, demanda química de oxígeno de materiales orgánicos y sedimentos, de aireación, sobresaturación y reducción de orgánicos.

El oxígeno es ligeramente soluble en agua. La solubilidad de oxígeno atmosférico en aguas dulces varía de 14.6 ppm a 0°C y 7.54 ppm a 30°C. En estas condiciones se dice que el agua tiene un 100% de saturación. Cuando el porcentaje es menor puede indicar la presencia de contaminación (consumo de oxígeno) por posible presencia de carga orgánica biodegradable.

Este parámetro es considerado, en unión con la DBO₅, la determinación más efectiva para determinar el nivel de purificación que tiene un acuífero y

consecuentemente la calidad de las aguas para aceptar o no determinadas formas de vida acuática, así como también estimar la actividad fotosintética de la masa hídrica. La concentración mínima para garantizar la vida piscícola es de 5 mg/L.

Cuando el agua contaminada con materia orgánica es descargada en el agua receptora, el nivel de oxígeno baja, alterando toda la estructura de la comunidad acuática y se altera también toda la química del agua.

b) TEMPERATURA:

La temperatura que tienen las aguas superficiales, depende principalmente de las condiciones climatológicas presentes en determinada región, así como también de la inclusión en éstas de desechos industriales con alto contenido calorífico. Este resultado puede verse relacionado con la hora en que dicho análisis fue realizado.

La temperatura influye en la solubilidad de las sales, en la de los gases y en la disociación de las sales disueltas y por lo tanto en la conductividad eléctrica y el pH del agua.

La importancia de los efectos va a estar en función de cuánto se eleva la temperatura en relación a la masa de agua, por lo que a mayor diferencia efectos más severos:

1. Al elevarse la temperatura, se produce la mortandad de peces y vida vegetal.
2. Al aumentar la temperatura hay una degradación más rápida y por tanto una disminución de la concentración de oxígeno del agua.
3. Disminución de la capacidad de autodepuración del cauce.

c) CAUDAL

Es la cantidad de líquido, expresada en metros cúbicos o en litros, que circula a través de cada una de las secciones de una conducción, abierta o cerrada, en la unidad de tiempo.

El caudal del río es determinado mediante el método de vadeo, que consiste en establecer lecturas de velocidad del agua (empleando el equipo de Medición de Parámetros de Campo HORIBA U-10) en diferentes puntos en dirección del ancho del río y la profundidad promedio del sitio, utilizando la siguiente expresión:

$$Q = A * V$$

En donde:

Q = caudal en metros cúbicos por segundo (m³/s).

A = área en metros cuadrados (m²).

V = velocidad de agua en m/s, a través de la sección considerada. En definitiva, el espacio recorrido por la masa líquida a partir de dicha sección, en la unidad de tiempo.

d) TURBIDEZ

La turbidez es la expresión de la propiedad óptica de la muestra que causa que los rayos de luz sean dispersados y absorbidos en lugar de ser transmitidos en línea recta a través de la muestra. La turbidez en el agua puede ser causada por la presencia de partículas disueltas en gases y suspendidas (arcilla, limo, arena fina), organismos microscópicos que están por lo general en estado de suspensión, líquidos y sólidos tanto orgánicos como inorgánicos, con un ámbito

de tamaños desde el coloidal hasta partículas macroscópicas, dependiendo del grado de turbulencia.

Cuanto mayor es el grado de contaminación orgánica del agua mayor es la turbidez.

e) CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

La conductividad eléctrica, se define como la capacidad que tienen las sales inorgánicas en solución (electrolitos) para conducir la corriente eléctrica. La conductividad de los iones es función de su concentración y por eso es utilizada como aproximación de los sólidos disueltos. También se conoce como una medida del contenido de sales presente en las aguas superficiales.

d) POTENCIAL HIDRÓGENO (pH)

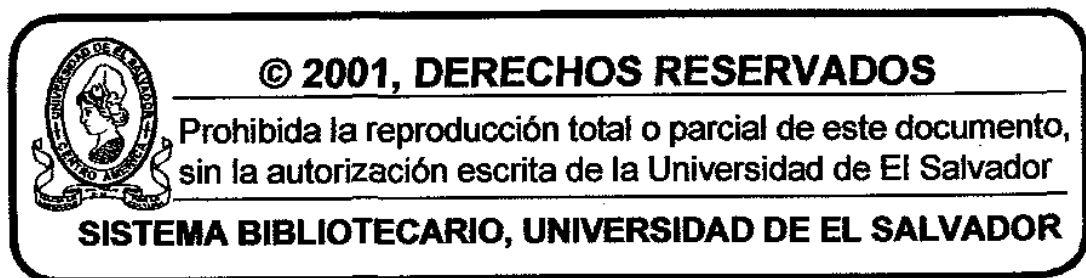
El pH es uno de los principales factores que influyen de manera significativa en las variaciones químicas que experimentan las sustancias presentes en las aguas naturales.

La determinación del pH en el agua es una medida de la tendencia de su acidez o de su alcalinidad.

Cambios drásticos en éste pueden provocar la muerte de peces y crear otros desequilibrios en los sistemas acuáticos.

El pH se define como el logaritmo negativo de la concentración molar de los iones hidrógeno:

$$\text{pH} = - \log [\text{H}^+]$$



3.2 PARÁMETROS DE LABORATORIO (25) :

a) COLOR APARENTE

Este parámetro dificulta los procesos de fotosíntesis e intercambio de oxígeno, además de causar una impresión antiestética.

El color que en el agua produce la materia suspendida y disuelta, se le denomina color aparente.

Las aguas superficiales pueden estar coloridas debido a la presencia de iones metálicos naturales (hierro y manganeso), humus, materia orgánica y contaminantes domésticos e industriales como en el caso de las industrias de papel, curtido y textil.

El agua residual reciente suele tener un color aparente grisáceo, pero al aumentar el tiempo de transporte en redes de alcantarillado y desarrollarse en condiciones próximas a las anaeróbicas, el color aparente del agua residual cambia de gris a gris oscuro, para finalmente adquirir un color negro, donde puede clasificarse como séptica.

b) DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)

Es el indicador de aguas que contienen compuestos tóxicos a los microorganismos responsables de la descomposición de la materia orgánica (25).

Se define como la cantidad de oxígeno necesario para oxidar por medios químicos la materia orgánica e inorgánica en una muestra de agua residual completamente a CO_2 y H_2O , bajo condiciones específicas de agente oxidante, temperatura y tiempo. Por esta razón los valores de la DQO usualmente son mayores a los

correspondientes de la DBO de la muestra y están en proporción a la mayor o menor cantidad de materia orgánica biológicamente resistente a ser tratada.

Este parámetro es muy utilizado en los casos donde el cuerpo de agua recibe desechos de tipo industrial.

c) DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅)

Es la cantidad de oxígeno utilizado por microorganismos no fotosintéticos para metabolizar biológicamente los compuestos orgánicos biodegradables.

La demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días (DBO₅) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales. Así mismo, es el parámetro más utilizado para determinar la capacidad de autodepuración del río.

La prueba de la DBO₅ es un procedimiento tipo bioensayo, que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. La DBO₅ esta influenciada principalmente por factores tiempo y temperatura.

La DBO₅ y la DQO se usan para medir el volumen de materia orgánica e inorgánica y el Oxígeno necesario para descomponer u oxidar compuestos o materia Orgánica e Inorgánica.

d) COLIFORMES TOTALES Y FECALES

Para la vigilancia y la evaluación microbiana del agua se utilizan como indicadores los organismos de grupo coliforme total y coliforme fecal.

Las bacterias Coliformes son microorganismos capaces de producir enfermedades y están asociados a los vertidos fecales, siendo sus fuentes principales las explotaciones ganaderas, agrícolas y de las zonas urbanas.

El grupo coliforme está integrado por bacterias fáciles de identificar a través de análisis microbiológicos, algunas de las cuales pueden ser patógenas o transmisoras de enfermedades. Normalmente, el grupo coliforme tiene como hábitat natural el ecosistema terrestre, mientras que los Coliformes fecales, que son sólo parte de los totales, se encuentran naturalmente en el estómago del hombre y de los animales de sangre caliente.

Todas las bacterias del grupo coliforme son afines a la materia orgánica, y sólo se desarrollan cuando se dan las condiciones ideales para su proliferación. La presencia de Coliformes totales y fecales en los cuerpos de agua, indica que hay altas concentraciones de materia orgánica que está siendo aprovechada por este tipo de bacterias para su reproducción.

e) CLORUROS

Los cloruros que se encuentran en el agua natural proceden de la disolución de suelos y rocas que los contienen y están en contacto con el agua. Otra fuente es la descarga de aguas residuales domésticas, agrícolas e industriales a aguas superficiales.

El gas cloruro disuelto en agua tiene un fuerte y más rápido efecto oxidante que el producido por el oxígeno disuelto.

Está presente en varios tipos de rocas en concentraciones más bajas que en algunos de los otros constituyentes naturales de las aguas.

f) ALCALINIDAD TOTAL

Es la capacidad de un agua para neutralizar ácidos, como función del contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos en muchas aguas. La alcalinidad en el agua tanto natural como tratada, usualmente es causada por la presencia de iones carbonatos (CO_3^{2-}) y bicarbonatos (HCO_3^-), asociados con los cationes Na^+ , K^+ , Ca^{+2} y Mg^{+2} .

La alcalinidad se determina por titulación de la muestra con una solución valorada de un ácido fuerte, mediante dos puntos sucesivos de equivalencia, indicados ya sea por medios potenciométricos o por medio del cambio de color utilizando dos indicadores ácido-base adecuados (fenolftaleína y verde de bromocresol).

Los mejores valores para el punto final de una muestra en particular dependen de la fuerza iónica y la temperatura.

La propiedad de alcalinidad puede expresarse en términos cuantitativos de una cantidad equivalente CaCO_3 en términos de mg/L.

g) DUREZA TOTAL

Es una característica que representa la concentración total del calcio y magnesio, expresada como un equivalente en CaCO_3 . En su mayor parte se debe a la presencia de carbonatos y bicarbonatos de calcio y magnesio en el agua.

h) FÓSFORO

El fósforo es un nutriente de gran importancia para el crecimiento y reproducción de los microorganismos que participan en la estabilización de la materia orgánica presente en las aguas residuales.

- **Fósforo Total:**

El fósforo aparece en dos formas: en compuestos orgánicos (proteínas) y en compuestos minerales (polifosfatos y ortofosfatos). Los polifosfatos se encuentran principalmente en los residuos que contienen detergentes sintéticos (no biodegradables).

- **Fósforo de Ortofosfatos:**

La contaminación por fosfatos es resultado del uso de fertilizantes y detergentes.

La incidencia de fosfatos en cuerpos de agua se debe principalmente al arrastre de residuos de fertilizantes que no han sido absorbidos por los cultivos.

En los ríos, altas concentraciones de Fosfatos y Nitrógeno producen eutroficación, un proceso mediante el cual demasiados elementos nutritivos ocasionan la muerte a formas de fauna superiores debido al agotamiento de oxígeno. El influjo inicial de elementos nutritivos produce un crecimiento inusitado de las algas y la proliferación de otras plantas acuáticas, las cuales cubren la superficie e impiden penetrar la luz en el agua y evitan que el fitoplancton se fotosintetice. La falta de fotosíntesis priva al río de una fuente importante de oxígeno que resulta en la muerte de peces y otra fauna.

i) NITRÓGENO

El Nitrógeno en las aguas residuales se presenta en cuatro tipos de compuestos: amoníaco, nitrógeno orgánico, nitratos y nitritos. El nitrógeno de la biomasa de las aguas residuales, que se encuentra en forma de proteínas, es hidrolizado formando los aminoácidos que, por acción de las bacterias, pasa a transformarse en amoníaco, luego en nitrito y por último en nitrato.

La entrada de estos contaminantes, al igual que el Fósforo, es por arrastre desde los suelos (compuestos que tenga el suelo y abonos) y por deposición atmosférica. Los efectos de nutrientes como nitrógeno y fósforo desencadenan un crecimiento desmesurado de la vida vegetal como algas, provocando un aumento en la turbidez del agua. Cuando estas aguas están turbias se dificulta la fotosíntesis y por tanto se produce una muerte masiva de algas que dejan de producir oxígeno. En último termino, las aguas entran en condiciones de anoxia, el cual es el medio más propicio para el desarrollo de microorganismos anaerobio, que a su vez modifican química y físicamente las características del agua.

- **Nitrógeno Amoniacal:**

Representa al nitrógeno combinado en forma de amoníaco (NH_3) o amonio (NH_4^+). El amoníaco y el amonio son gases que se producen de forma natural por fermentaciones microbianas de productos nitrogenados, por ejemplo en la descomposición de proteínas o urea.

La presencia de nitrógeno amoniacal indica la contaminación por aguas negras, lo que estimula el crecimiento de ninfas acuáticas, las cuales reducen los niveles de oxígeno disuelto. También pueden resultar de la oxidación de amoníaco o por descargas industriales, fertilizantes, procesamiento de alimentos, residuos de mataderos, operaciones de lechería.

En un agua residual reciente el nitrógeno se halla principalmente combinado en forma de materia proteínica y urea, transformándose en su forma amoniacal de inmediato. La materia nitrogenada se transforma en amoníaco por descomposición anaerobia; y en medio aeróbico, la acción de las bacterias puede oxidar el nitrógeno amoniacal a nitratos y nitritos.

- **Nitratos**

La preponderancia de nitrógeno en forma de nitratos en un agua residual es un fiel indicador de que el residuo de materia proteínica y urea se ha estabilizado con respecto a la demanda de oxígeno.

En agua superficial y subterránea las concentraciones de nitratos naturales ascienden generalmente a unos pocos mg/L. Concentraciones altas de Nitratos se deben al uso de fertilizantes en la zona.

- **Nitritos**

Al igual que los nitratos, los nitritos provienen de aguas contaminadas por el uso de fertilizantes; percolado de tanques sépticos y de redes de alcantarillado; descargas industriales y erosión de depósitos naturales.

j) DETERGENTES

Principalmente puede deberse a descargas por desechos contaminantes de tipo doméstico directamente sobre el manto acuífero. Al entrar en la masa de agua, estos surfactantes varían la tensión superficial del agua y conllevan una serie de efectos asociados como:

1. Solubilidad de determinadas sustancias contaminantes.
2. Se impiden procesos naturales de depuración debido a que las bacterias se ven recubiertas de tensoactivo y no pueden atacar la materia orgánica.
3. Dificultad en las plantas depuradoras por lo señalado anteriormente.
4. Forman espumas que dificultan la depuración y la reoxigenación natural de las masas de agua.

El efecto más importante es la mortandad porque son tóxicos para los seres vivos.

k) GRASAS Y ACEITES

Dentro de los contaminantes más comunes en aguas residuales están las Grasas y Aceites; las cuales son generadas comúnmente por la industria que regularmente también representan una significativa fuente de contaminación.

La grasa y aceite en el Agua es materia orgánica que si no es removida antes de su descarga en los drenajes municipales o industriales, puede interferir con la vida biológica en la superficie, creando materia de mal aspecto flotante y películas de grasa en la misma superficie.

Estos contaminantes favorecen el crecimiento de microorganismos en el agua. Otro problema es su simple acumulación, al desarrollarse depósitos de las Grasas y Aceites y la formación de espuma. Las cantidades excesivas pueden interferir con los procesos biológicos así como Físicoquímico en el tratamiento de estas aguas residuales.

l) RESIDUOS SÓLIDOS INERTES

Son materiales sólidos no tóxicos, la principal fuente es el arrastre de masas de agua de arena, puede ser tanto por vía natural (erosión de suelos) o por vía antropogénica (residuos domésticos e industriales).

Se depositan en diversas zonas dependiendo del medio receptor y producen una contaminación de tipo mecánica.

En el caso de aguas superficiales la contaminación con material en suspensión no sólo se debe a las actividades humanas, sino que puede deberse a la erosión de los suelos que sigue a un proceso de deforestación, mala práctica agrícola.

Los efectos, a priori al no ser una sustancia tóxica están determinados por la entrada de material ajeno en una masa de agua produciendo:

1. Mayor turbidez, menor cantidad de luz, por lo que menor cantidad de vida vegetal y la animal correspondiente.
2. Al haber menor entrada de la luz, dificultad para realizar la degradación natural (fotooxidación).
3. Menor posibilidad de la vida, debido a que el arrastre ha podido tapar los huevos de peces y anfibios.

- **Sólidos Totales:**

Este término se aplica al residuo que resulta de evaporar la muestra de agua que es posteriormente secada a una temperatura de 103° - 105°C.

- **Sólidos Disueltos:**

Son la porción de sólidos que pasan a través de un filtro y que son evaporados y luego secados a una temperatura de 180°C.

- **Sólidos Sedimentables:**

Son partículas de polvo de origen natural como arena y partículas de tierra; cenizas gruesas levantadas por el movimiento del viento, provenientes en su mayor proporción de la erosión provocada por la escorrentía de los terrenos labrados. Todas estas partículas sedimentan por gravedad gracias a su tamaño, generalmente superior a 10 micras, depositándose fácilmente a poca distancia del punto de origen.

- **Sólidos Suspendidos:**

Pueden producir depósitos de fango y condiciones anaerobias cuando se vierten aguas residuales sin tratar en el medio acuático. Estos sólidos disminuyen la transparencia del agua y dificultan los procesos fotosintéticos.

El color, turbidez, aceites y los materiales flotantes son preocupantes por su indeseable efecto antiestético y posible influencia en la transparencia del agua y procesos fotosintéticos.

4. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Niveles elevados de contaminación en las aguas superficiales ejercen efectos negativos sobre éstas, para lo cual se necesita realizar uno o varios tipos de tratamientos, con el objeto de mejorar su calidad para poder utilizarlas o reutilizarlas en fines productivos o de consumo humano.

Los principales procesos de tratamiento para las aguas residuales son los físicos, químicos y biológicos.

4.1 Procesos de Tratamiento:

a) Procesos Físicos:

Se basan en las propiedades físicas que incluyen la separación de sólidos sedimentables presentes en las aguas residuales y su estabilización, la remoción de partículas flotantes, la retención de partículas de gran tamaño, desechos sólidos (basura), etc.

b) Procesos Químicos:

Consisten en la separación o transformación de las sustancias sedimentables, flotantes y disueltas mediante el uso de sustancias químicas. Un sistema utilizado en este proceso, es el uso de algún desinfectante para eliminar elementos patógenos existentes en el agua.

c) Procesos Biológicos:

Para estos procesos se utiliza la actividad de ciertos microorganismos para la oxidación y mineralización de sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales.

4.2 Tipos de Tratamiento:

Los tipos de tratamiento se pueden clasificar en preliminares o pre-tratamiento, primario, secundario, terciario y tratamientos especiales o de pulimento.

a. Tratamientos Preliminares o Pre-tratamiento:

Tienen como finalidad eliminar materiales que perjudican al sistema de conducción como material flotante, sólidos inorgánicos en suspensión (arenas), espuma presente en el agua, grasa y otros, antes de la sedimentación primaria con el objeto de mejorar su tratabilidad. El pre-tratamiento comprende los separadores de grasas y los desarenadores aireados, éstos últimos permiten la distribución uniforme de sólidos suspendidos y flotantes para su entrada en las unidades de tratamiento, las cuales son las rejillas o cribas de barra (Desbaste). En este proceso la separación de sólidos gruesos consiste en hacer pasar el afluente a través de las unidades antes mencionadas (23).

b. Tratamiento Primario:

La finalidad de éste es la remoción de sólidos suspendidos, como mínimo el 60%; también se elimina algo de DBO, entre el 30-40% como máximo. Esto puede ser por medio de sedimentación, filtración, y floculación. Las principales unidades para esta fase son la fosa séptica, el tanque Imhoff (sedimentadores primarios), reactores anaerobios de flujo ascendente (RAFA), coagulación y precipitación.

c. Tratamiento Secundario:

Tiene como objetivo la remoción de la materia orgánica disuelta y coloidal, obteniéndose rendimientos elevados (80-90%). Para lograr esto se aplican

procesos biológicos, donde se aprovecha la acción de microorganismos presentes en las aguas residuales, lo mismo que en su proceso de alimentación, degradan la materia orgánica convirtiéndola en materia celular, productos inorgánicos o material inerte. Los microorganismos pueden ser Aerobios y Anaerobios.

d. Tratamiento Terciario:

Es el grado de tratamiento necesario para alcanzar una calidad fisico-químico-biológica adecuada. Los procedimientos que se emplean habitualmente no van más allá de tratamientos secundarios. El tratamiento terciario se lleva a cabo cuando el agua quiere reutilizarse y depende del uso que se le pretenda dar a las aguas residuales tratadas por lo que puede utilizarse para desinfectar las mismas o eliminar nutrientes específicos como Fósforo y Nitrógeno (37).

4.3 Definición y Características Generales

a) Pre-tratamiento:

- Rejillas o Cribas de Barras:

Tienen como objetivo la remoción de los materiales gruesos o en suspensión, los cuales pueden ser retirados mecánicamente o manualmente. Están formadas por barras separadas en claros libres entre 1.0 y 5.0 centímetros, comúnmente 2.5 centímetros y colocadas en un ángulo de 30 y 60 grados respecto a la horizontal. Los sólidos separados por este sistema se eliminan enterrándolos o incinerándolos.

- Desarenador:

Las aguas residuales contienen 'arenas' que incluyen grava, cenizas, arenas propiamente dichas y cualquier otra materia pesada que tenga velocidad de

sedimentación o peso específico superior al de los sólidos orgánicos putrescibles del agua residual. Las arenas pueden dañar los equipos mecánicos por abrasión y causar serias dificultades operatorias en los tanques de sedimentación y en la digestión de los lodos, por acumularse alrededor de las tuberías de entrada, causando obstrucción. Su funcionamiento depende del caudal de las aguas, ya que el flujo debe llevar la velocidad suficiente para arrastrar las partículas orgánicas de menor peso fuera del tanque y permitir que las arenas más pesadas sedimenten en el fondo del canal desarenador (23).

b) Tratamiento Primario:

- Fosa Séptica:

Son unidades en donde no existe una red de alcantarillado sanitario, como pueden ser escuelas rurales, campos o zonas de recreo, hoteles y restaurantes campestres. En general se utilizan para tratar aguas residuales domésticas.

Estos dispositivos combinan los procesos de sedimentación y de digestión anaerobia de lodos; usualmente se diseñan con dos o más cámaras que operan en serie. En el primer compartimiento se efectúa la sedimentación, digestión de lodos y su almacenamiento. Debido a que en la descomposición anaerobia, se producen gases que suspenden a los sólidos sedimentados en la primera cámara, se requiere de una segunda cámara para mejorar el proceso, en donde se vuelva a sedimentar y almacenar, evitando que sean arrastrados con el efluente.

Dicho efluente se encuentra en condiciones sépticas, llevando consigo un alto contenido de materia orgánica disuelta y suspendida, por lo que requiere un tratamiento posterior.

- Tanques Imhoff:

Los tanques Imhoff ofrecen ventajas para el tratamiento de las aguas residuales domésticas y su diseño se encuentra condicionado por el tamaño de la comunidad a la cual abastecen. Estas estructuras integran la sedimentación del agua y la digestión de los lodos sedimentados en la misma unidad, necesita una operación muy simple y no requiere de partes mecánicas. Sin embargo, para su uso correcto se requiere que las aguas negras pasen por el proceso de cribado y remoción de arena. Es conveniente en climas calurosos pues esto facilita la digestión de los lodos. En la selección de esta unidad de tratamiento se debe considerar que los tanques Imhoff pueden producir olores desagradables.

- Sedimentadores Primarios:

Pueden proporcionar un grado principal de tratamiento en aguas residuales o ser un paso preliminar para un tratamiento posterior. Cuando son utilizadas como tratamiento único se emplean para la eliminación de sólidos sedimentables capaces de formar depósitos de fango en las aguas receptoras y de gran parte de la materia flotante. Si se emplea como paso previo a un tratamiento biológico su función es reducir la carga contaminante. A diferencia de la fosa séptica y los tanques Imhoff en estas unidades no se tratan los lodos, por lo que los volúmenes de fango producidos en los tanques de sedimentación primaria deben conocerse y, de acuerdo al diseño del tanque, éstos serán eliminados bombeándolos, al menos una vez por turno de trabajo y con mayor frecuencia en el tiempo cálido, a fin de evitar que se deteriore el afluente (23).

Estas unidades tienen como función la reducción de los sólidos suspendidos, grasas y aceites de las aguas residuales. Las eficiencias esperadas son hasta un

65% de los sólidos y se obtienen concentraciones de grasas y aceites menores a los 30 mg/L.

- Reactor Anaerobio de Flujo Ascendente (RAFA):

Su principio de funcionamiento se basa en la buena sedimentabilidad de la biomasa producida dentro del reactor, la cual se aglomera en forma de granos de hasta 5 mm de diámetro.

El reactor es de flujo ascendente y en la parte superior cuenta con un sistema de separación gas-líquido-sólido, el cual evita la salida de los sólidos suspendidos en el efluente y favorece la evacuación del gas y la decantación de los flóculos que eventualmente llegan a la parte superior del reactor.

- Floculación:

Es el proceso por el cual se ayuda a las pequeñas partículas (coloides) suspendidas en el agua a sedimentar, mediante la adición de compuestos químicos que inducen a las partículas pequeñas (coloides) a formar grupos grandes de mayor peso (flóculos) por diferencia de cargas electrostáticas, para su mejor sedimentación.

Las sustancias que se utilizan en este proceso se conocen como coagulantes, de los cuales los más utilizados son las sales de hierro (cloruro férrico, sulfato férrico) y en menor grado las sales de aluminio (sulfato de aluminio) debido a que estos últimos representan un riesgo de tipo ambiental en el proceso de eliminación de sus residuos. Para la mezcla de los reactivos se utiliza la turbulencia creada por un vertedero, pero es conveniente disponer de un sistema que lo permita rápidamente.

c) Tratamiento Secundario:

- Filtro Anaerobio:

Supone la descomposición de la materia orgánica y/o inorgánica en ausencia de oxígeno. La principal aplicación se halla en la digestión de los fangos de aguas residuales y domésticas, así como en el tratamiento de algunos residuos industriales.

Las bacterias anaerobias convierten los ácidos simples formados a partir de la descomposición de compuestos orgánicos complejos a CH_4 , CO_2 y pequeñas cantidades de N_2 , H_2 y otros gases. La baja solubilidad del metano permite que éste pueda ser separado por aireación de las aguas para su posterior combustión, la cual proporciona la temperatura necesaria para la digestión de lodos por las mencionadas bacterias.

Su funcionamiento depende del caudal y de la velocidad de descomposición de las bacterias anaerobias (23).

- Filtros Percoladores:

El mecanismo principal de remoción de la materia orgánica de este sistema no es la filtración, sino la absorción y asimilación biológica llevada a cabo en una película desarrollada por el crecimiento microbiano que se verifica sobre el estrato de percolación procedente del flujo continuo de las aguas contaminadas.

- Lagunas de Estabilización:

Se conoce con este término a cualquier laguna, estanque o grupo de ellas, destinado a llevar a cabo un tratamiento biológico. Existen diversos tipos de lagunas dependiendo de sus características y pueden ser:

A. Lagunas Anaerobias:

Generalmente son estanques de 3.0 a 5.0 metros de profundidad y se usan como una primera depuración o pre-tratamiento, se puede considerar como un digestor ya que se le aplican cantidades de materia orgánica o carga orgánica por unidad de volumen, de tal manera que prevalezcan las condiciones anaeróbicas.

Una desventaja de este tipo de lagunas es la producción de olores fétidos que impide su localización en lugares cercanos (500 m) de zonas habitadas. Para controlar este problema deben mantenerse las lagunas en condiciones alcalinas. En estos casos el ácido sulfhídrico permanece en solución como ión sulfhidrato (HS⁻).

B. Lagunas Aerobias:

Son lagunas que operan en presencia del aire, son de poca profundidad, de 1.2 a 0.8 metros, lo que propicia la proliferación de algas que suministran una buena parte del oxígeno necesario.

C. Lagunas Facultativas:

Se diseñan con una profundidad que varía normalmente entre 1.5 a 2.0 metros y una cantidad de materia orgánica por unidad de volumen que permita el crecimiento de organismos aerobios y facultativos.

Se puede decir que es una combinación de las dos anteriores. Su diseño consiste en tres estratos

- a. Lecho de bacterias aerobias
- b. Lecho de bacterias anaerobias
- c. Lecho de bacterias facultativas

D. Lagunas Aireadas:

En estas lagunas el oxígeno es suministrado por equipos mecánicos de aireación y también por actividad fotosintética de las algas y transferencia de oxígeno de la interfase aire-agua. Este tipo de lagunas es utilizado para aumentar la capacidad de las lagunas facultativas sobrecargadas o cuando la disponibilidad de terreno es reducida, generalmente se diseñan con profundidades de 2.0 a 6.0 metros y tiempos de retención de 3 a 10 días.

- Lodos Activados:

Lodo activado es una película biológica producida en las aguas residuales previamente decantadas por el crecimiento de las bacterias zoogreas u otros organismos, en la presencia de oxígeno disuelto y acumulado en el agua en concentración suficiente gracias a la recirculación de la película biológica previamente formada.

Las aguas residuales crudas, después de una sedimentación primaria, se combinan con los lodos en recirculación y se introducen al tanque de aireación, en donde permanecen por espacio de 3 a 6 horas, produciendo la mezcla conocida como licor mezclado.

- Desinfección:

Cuando se descargan aguas residuales crudas o tratadas en cuerpos que van a utilizarse, o que pueden ser utilizados como fuentes de abastecimiento público o para propósitos recreativos, se requiere de un tratamiento suplementario para destruir los elementos patógenos, a fin de que sean mínimos los peligros para la

salud debido a la contaminación de dichas aguas, al tratamiento se le conoce como desinfección. Existen varios métodos de desinfección:

1. Físicos: filtración, ebullición y rayos ultravioleta.
2. Químicos: por la aplicación de cloro, bromo, ozono, iones de plata, etc.

d) Tratamiento Terciario:

Este tipo de tratamiento, como se mencionó con anterioridad, depende del uso específico al que se destine el agua residual tratada.

Para el uso de las aguas municipales, generalmente no se utiliza el tratamiento terciario, a menos que el rehusos de las aguas tenga alguna aplicación en la industria y en algunos casos en protección de acuíferos.

5. INDICES DE CALIDAD DE AGUAS (ICA)

5.1 LA CALIDAD COMO UNA DIMENSIÓN DEL AGUA

Las causas del deterioro de la calidad de los recursos hídricos del país incluyen, entre otras, la descarga en los cursos superficiales, desagües cloacales, pluviales, el vertido de líquidos residuales de origen industrial con bajo o ningún grado de tratamiento, el aporte de arrastre de suelo conteniendo plaguicidas y fertilizantes, el derrame de combustible, y de otras sustancias en general (2).

A medida que se van desarrollando e incrementando tanto el consumo como la diversidad de los usos comienza a reconocerse la calidad de agua como variable de interés.

Por esta razón es de primordial importancia considerar la definición que se haga del concepto "*calidad del agua*". Se puede entender la calidad como la capacidad intrínseca que tiene el agua para responder a los usos que se podrían obtener de ella.

La aptitud del agua para satisfacer usos diversos, en general, abastecimiento doméstico, baño, vida piscícola y regadío, se suele caracterizar en relación al cumplimiento de determinados requisitos analíticos, es decir, a la no superación de unos umbrales establecidos dentro de un período temporal por una serie de parámetros de calidad que han sido muestreados periódicamente en unas estaciones de control, razón por la que éstas se ubican en aquellas zonas que permitan controlar la aptitud de las aguas para los usos que se destinen (15).

En relación con lo puntualizado anteriormente es necesario enfatizar que el concepto de contaminación en aguas implica:

1. Un estado de la calidad de un cuerpo de agua determinado.
2. Incompatibilidad del estado del cuerpo de agua en cuestión con los usos presentes y futuros del mismo, o los usos de cuerpos relacionados con el cuerpo de agua estudiado.

El estado de contaminación puede estar relacionado con una serie de factores, entre los que podemos considerar (2):

- a) Cambios de calidad por uso doméstico.
- b) Cambios de calidad por uso agrícola.
- c) Cambios de calidad por uso industrial.

Cambios De Calidad Por Uso Doméstico

Por la gravedad que las descargas domésticas implican para la calidad del agua superficial y subterránea, esta fuente de contaminación constituye junto a los líquidos residuales de origen industrial, una de las causas que más severamente afectan el uso del recurso.

Cambios De Calidad Por Uso Agrícola

Son asociados principalmente al empleo de aguas para irrigación. Estos cambios de calidad pueden determinarse mediante la cuantificación de sólidos totales disueltos, dureza, temperatura, turbidez, color, nitratos y fósforo.

Cambios De Calidad Por Uso Industrial

Estos cambios se asemejan a los provocados por los desechos domésticos en el hecho de aumentar los sólidos disueltos y suspendidos en los cuerpos de aguas receptores. Sin embargo, la similaridad desaparece al hacer consideraciones con respecto a la composición de los desechos domésticos y los provocados por el uso industrial.

La gran mayoría de procesos industriales descargan desechos que en algunos casos contienen sustancias que generalmente no se encuentran en aguas naturales y en cantidades y proporciones muy variadas.

Así podemos encontrar entre los constituyentes de los desechos industriales: iones metálicos (en su mayoría tóxicos); sustancias químicas diversas: orgánicas e inorgánicas, sustancias persistentes principalmente orgánicas.

Además como cambios resultantes del uso industrial pueden existir otros factores: alta temperatura, turbidez, color, acidez o alcalinidad y en algunos casos los desechos industriales alcanzan valores de DBO hasta de 10 a 100 veces mayores que los desechos domésticos.

Las descargas directas de aguas que han sufrido estos cambios de calidad son utilizadas por la población para cubrir sus necesidades de abastecimiento, lo que representa un peligro a su salud.

5.2 SELECCIÓN DE UN INDICE DE CALIDAD DE AGUAS “ICA”

El aumento en los niveles de contaminación de las aguas superficiales ha generado la necesidad de cuantificar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua. Por otra parte, debido a las diferencias de interpretación entre los encargados de tomar decisiones, los expertos en el tema y del público en general, existe un esfuerzo creciente para desarrollar un sistema indicador que agrupe los parámetros contaminantes más representativos dentro de un marco de referencia unificado (6).

Una de las soluciones propuestas para encarar este problema es el uso de una escala numérica simple, relacionada con el grado de contaminación, este valor es denominado “Índice de Calidad de Aguas” (ICA).

El Índice de Calidad del Agua (ICA), como forma de agrupación simplificada de algunos parámetros indicadores de un deterioro en calidad del agua, es una manera de comunicar y evaluar la calidad de los cuerpos de agua, pudiendo ser usado para definir mejor y cuantitativamente el término “Contaminación”. Sin embargo, para que dicho índice sea práctico debe de reducir la enorme cantidad de parámetros a una forma más simple, y durante el proceso de simplificación algo de información se sacrifica. Por otro lado si el diseño del ICA es adecuado, el valor arrojado puede ser representativo e indicativo del nivel de contaminación y comparable con otros para enmarcar rangos y detectar tendencias (15).

Los Índices de Calidad de las Aguas pretenden definir, mediante una escala numérica simple de 0 a 100, el nivel de calidad del cuerpo de agua (15).

Es conveniente considerar el uso prioritario al que se desea destinar el agua del curso en estudio. Los requerimientos de calidad de agua varían en función de las necesidades, intensidad de uso, relevancia socioeconómica de la cuenca analizada. Estos usos entran en consideración para la selección del ICA.

Los usos más comunes son: provisión de agua potable, recreación, piscicultura, agricultura (irrigación), navegación, provisión de agua para uso industrial.

La aptitud del agua para determinados usos está determinada por el Índice de Calidad de Aguas. Dicha idoneidad se caracteriza en relación al cumplimiento de determinados requisitos analíticos (físico-químicos, microbiológicos) es decir, a la no superación de unos umbrales establecidos dentro de un período temporal por una serie de parámetros de calidad que han sido muestreados periódicamente (15).

5.3 VENTAJAS DE APLICACIÓN DE UN INDICE DE CALIDAD DE AGUAS

Los índices de calidad presentan una serie de ventajas que pueden destinarse a la caracterización de un determinado cuerpo de agua (15).

Se pueden identificar las siguientes aplicaciones prácticas del ICA:

- Análisis de tendencias:

Los índices pueden caracterizar el estado ambiental de diferentes estaciones a lo largo de un río, además de su variación temporal durante determinados períodos de monitoreo. En este caso se emplean valores numéricos que resumen el impacto ambiental de una serie de parámetros de calidad de agua, sin necesidad

de analizar el efecto contaminante particular de cada uno de ellos. Esto facilita la interpretación de los cambios en la calidad de agua que definen el proceso de degradación o el de mejoramiento del estado del curso de agua en estudio.

- Caracterizar del estado ambiental del recurso hídrico analizado:

La aplicación regular del ICA permite a entes regionales de control responsables el evaluar la calidad del agua del cuerpo hídrico en estudio, comparar las condiciones ambientales de estaciones a lo largo de un río o de diferentes áreas de la cuenca asociadas a cada curso de agua, valorando así las diferentes zonas geográficas con respecto al espacio y tiempo.

- Identificar tramos del curso de agua.

Esto facilita la caracterización de aquellas secciones del cuerpo de agua en donde la alteración de su calidad es significativa y amerita la ejecución de estudios más detallados.

- Información pública.

Los ICA constituyen una herramienta útil para informar al público en general, acerca de las condiciones de calidad de agua del recurso hídrico y su evolución temporal y espacial.

5.4 DESARROLLO DE INDICES DE CALIDAD

El desarrollo de índices numéricos o de clasificaciones de calidad de aguas se lleva a cabo en varias etapas numéricas (6):

1) La identificación de factores claves (parámetros biológicos, químicos o físicos) que pueden utilizarse como indicadores de la calidad del agua, basados en el criterio profesional colectivo de personas con conocimientos relativos al medio acuático o al foco de contaminación.

2) Asignación de los Pesos Relativos o Peso de importancia del Parámetro (W_i) correspondientes a los factores de contaminación en aguas.

En esta fase se corre el riesgo de introducir cierto grado de subjetividad en la evaluación, pero por otro lado sugiere que es importante una asignación racional y unificada de dichos pesos de acuerdo al uso del agua y de la importancia de los parámetros en relación al riesgo que implique el aumento o disminución de su concentración.

3) La técnica de “proceso de grupo nominal” se ha utilizado en muchos estudios ambientales. En el caso de asignaciones de Pesos Relativos se identifican cuatro fases:

- a. Un panel de expertos procede a la generación de las ideas que determinan los Pesos Relativos, escribiéndolas en un papel.
- b. Recolección de las ideas generadas por los participantes en un gráfico, mediante una discusión en serie.
- c. Discusión de cada idea recogida por el grupo con el fin de proceder a su clarificación y evaluación.
- d. Votación independiente sobre la prioridad de las ideas, es decir los Pesos Relativos, la decisión del grupo se determina mediante orientación matemática. Para esto se pueden establecer varias metodologías de índices como lo son las curvas funcionales.

4) La agregación de la información, mediante fórmulas que incluyen adiciones simples o multiplicativas.

5) Verificación en campo de su aplicabilidad. Esto implica la recolección de datos y su comprobación.

5.5 CLASIFICACIÓN DE LOS ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUAS

Los índices pueden generarse acorde a las siguientes premisas (15):

- **Índice Uso Específico:** define la aptitud del cuerpo de agua respecto a sus usos prioritarios.
- **Índices Generales:** son aquellos ICA utilizados independientemente del uso para el cual el agua es destinada en forma prioritaria, asumiendo como hipótesis que la calidad del agua es un atributo general, inherente a cualquier recurso hídrico.
- **Índices de Planeamiento:** emplean, entre otros elementos, el uso de la cuenca desde un punto de vista económico (población asentada, tipo de industrias, uso de la tierra, etc.). Se evalúa el riesgo potencial de contaminación de un cuerpo de agua basándose en relaciones indirectas y no solamente en las observaciones provenientes de muestreos de variables ambientales.

5.6 ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS

La evaluación numérica del ICA, con técnicas multiplicativas y ponderadas con la asignación de pesos específicos se debe a Brown.

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

$$ICA_a = \sum_{i=1}^n (W_i I_i) \quad \text{Ec. 1}$$

$$ICA_m = \prod_{i=1}^n (I_i^{W_i}) \quad \text{Ec. 2}$$

Donde:

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

I_i : Subíndice del parámetro i .

Otros autores (Landwehr y Denninger,1976), demostraron que el cálculo de los ICA mediante técnicas multiplicativas es superior a las aritméticas, es decir que son mucho más sensibles a la variación de los parámetros, por lo que reflejan con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa (15).

Se utilizan 9 parámetros como base, para desarrollar el índice:

- Oxígeno Disuelto (OD en % de saturación)
- Coliformes Fecales (en NMP/100mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno, a 5 días (DBO₅ en mg/L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)
- Fosfatos (PO₄ en mg/L)
- Variación de Temperatura (en °C)
- Turbidez (en JTU: Jackson Turbidity Unities)
- Sólidos Totales (en mg/L)

Debido a que ciertas pruebas son más representativas de la calidad de agua que otras se asignan ciertos pesos específicos a los 9 diferentes parámetros designados como W_i .

El peso relativo de cada parámetro (W_i), corresponde a los siguientes valores, cuya sumatoria es = 1:

Variable (i)	Valor W_i
Oxígeno Disuelto	0.17
Coliformes Fecales	0.15
pH	0.12
DBO ₅	0.10
NO ₃ ⁻	0.10
PO ₄ ⁻³	0.10
Desviación Temperatura	0.10
Turbidez	0.08
Sólidos Totales	0.08

El valor de I_i se obtiene a partir de las curvas de valoración de la Calidad de Agua en función de la presencia y concentración del parámetro "i" (Figuras 1-9).

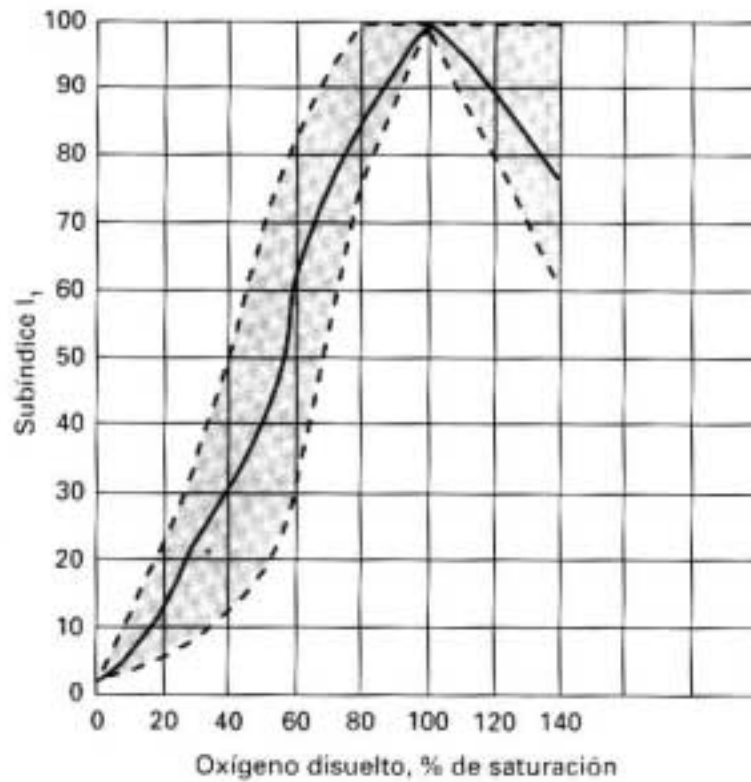


Fig. 1 (6):
Si OD > 140 %
sat, $I_1 = 50.0$

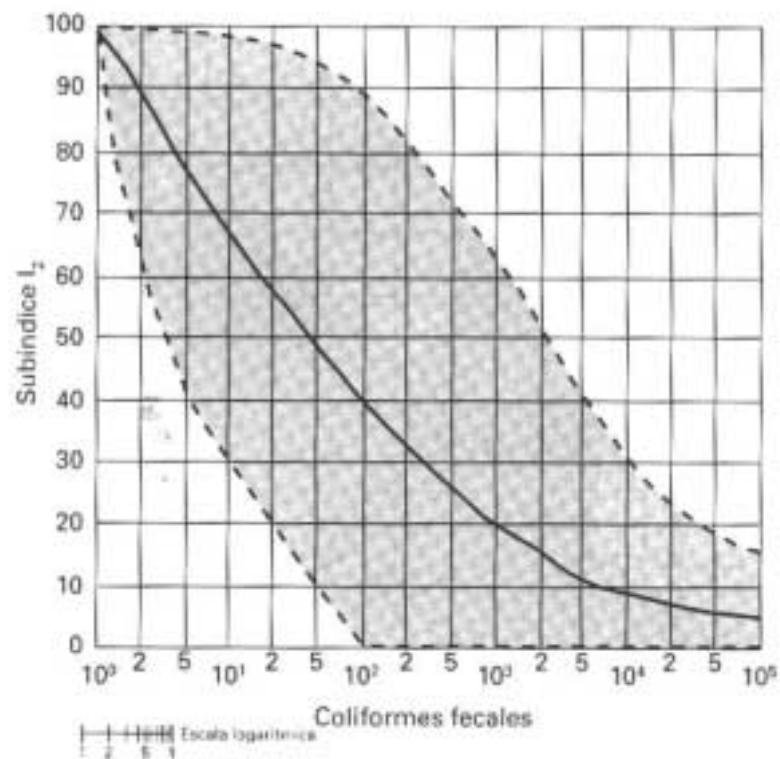


Fig. 2 (6):
Si Colif. Fec. >
10⁵/100 ml,
 $I_2 = 2.0$

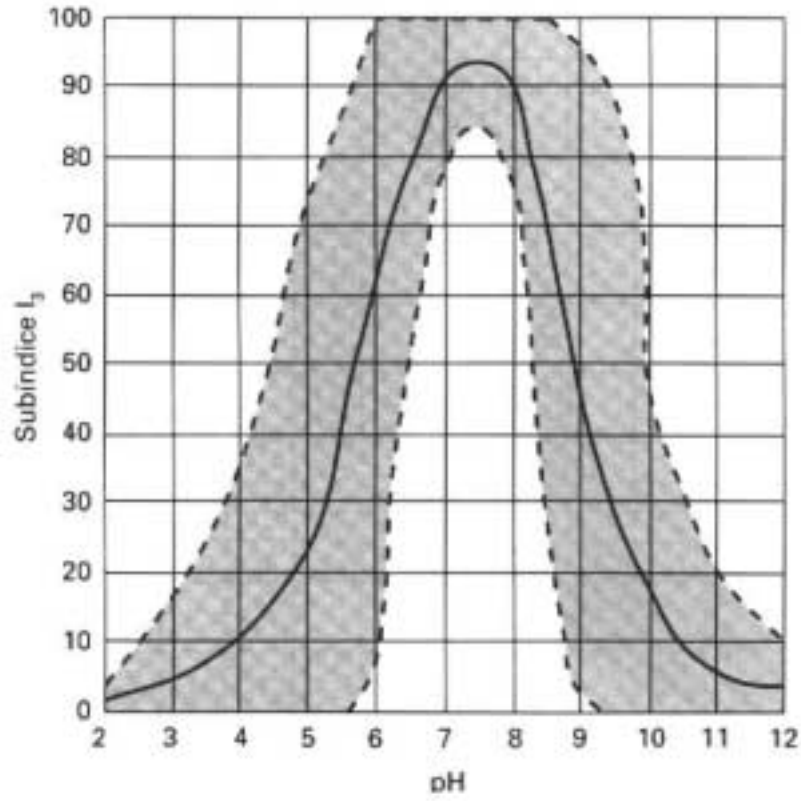


Fig.3(6)
 Si pH < 2.0,
 $I_3 = 2.0$
 Si pH > 10.0,
 $I_3 = 3.0$

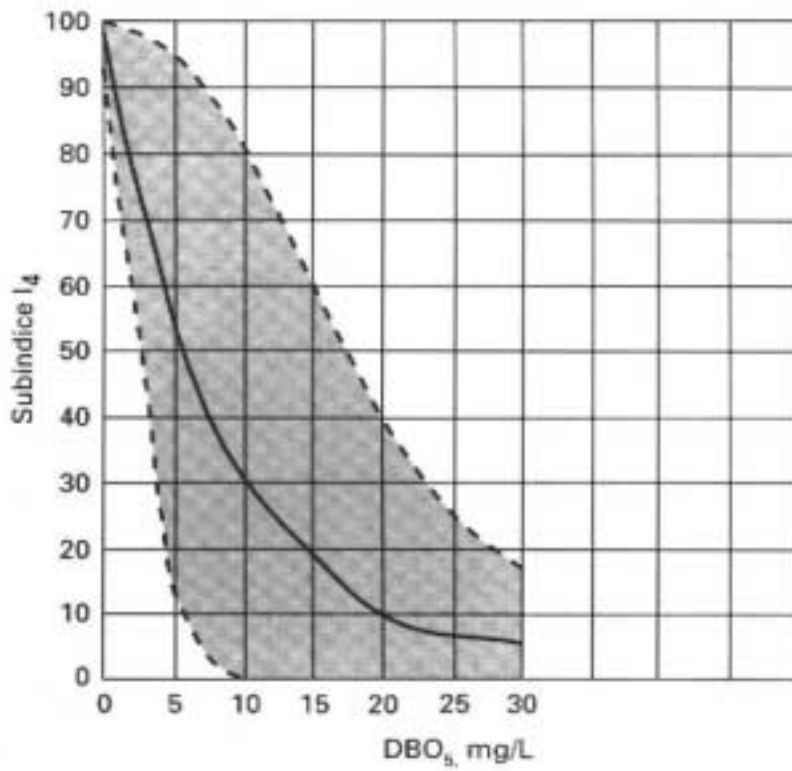


Fig.4 (6):
 Si $DBO_5 > 30$
 mg/L, $I_4 = 2.0$

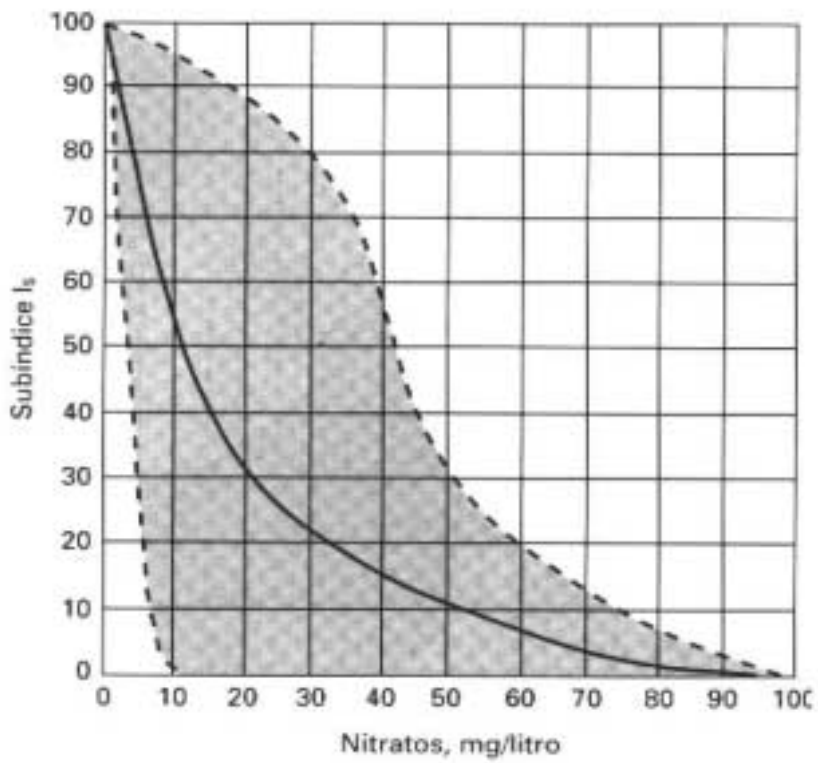


Fig. 5(6)
 Si $\text{NO}_3 > 100$
 mg/L, $I_5 = 50.0$

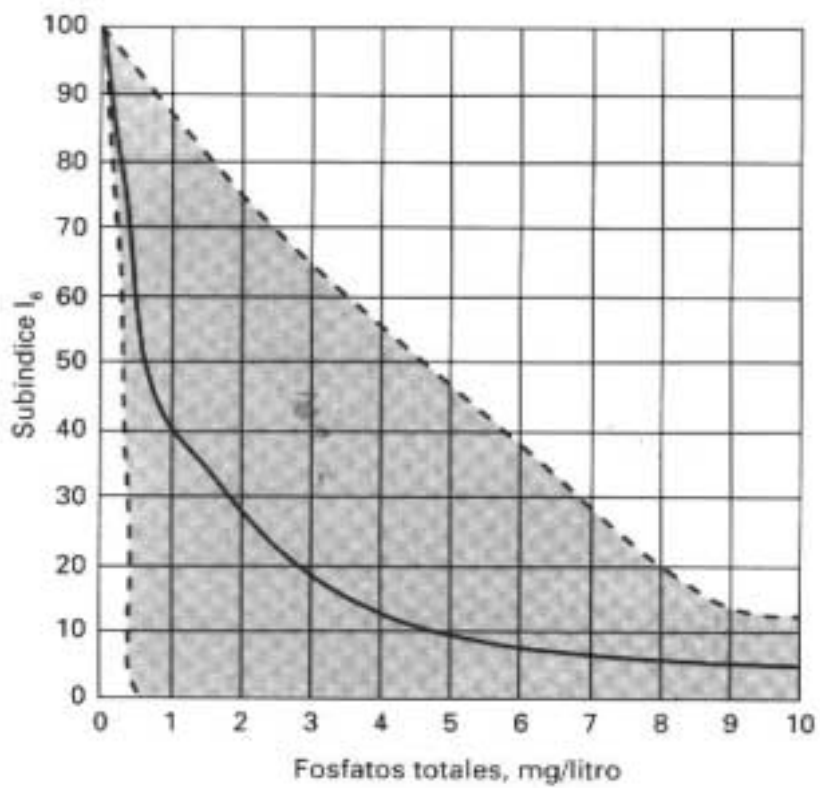


Fig.6 (6)
 Si P-Tot > 10
 mg/L, $I_6 = 2.0$

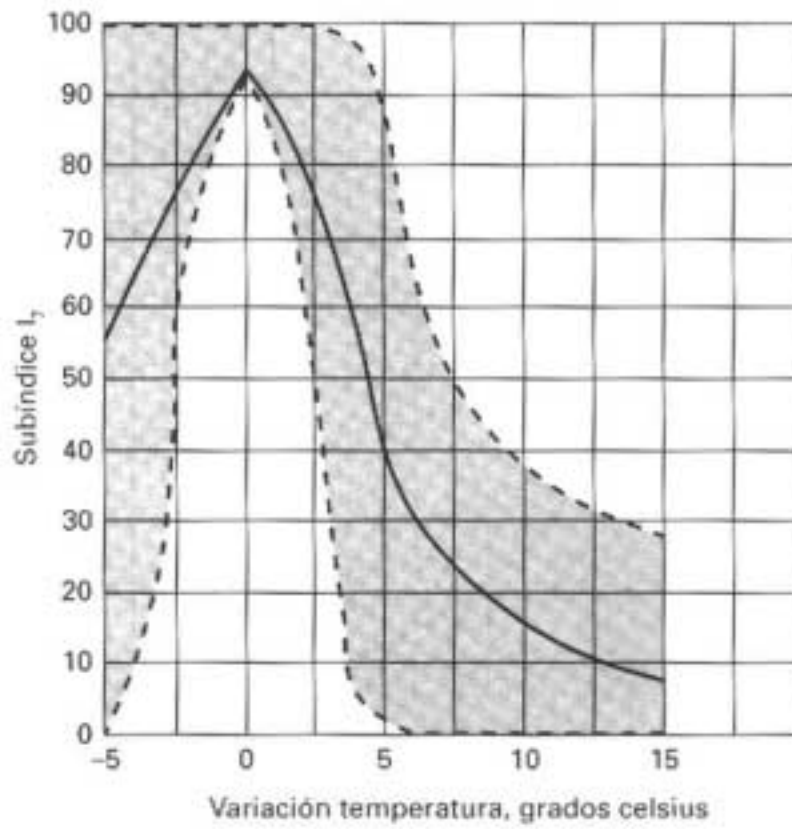


Fig.7 (6) :
 Si $\Delta T > 15^\circ\text{C}$,
 $I_7 = 5.0$

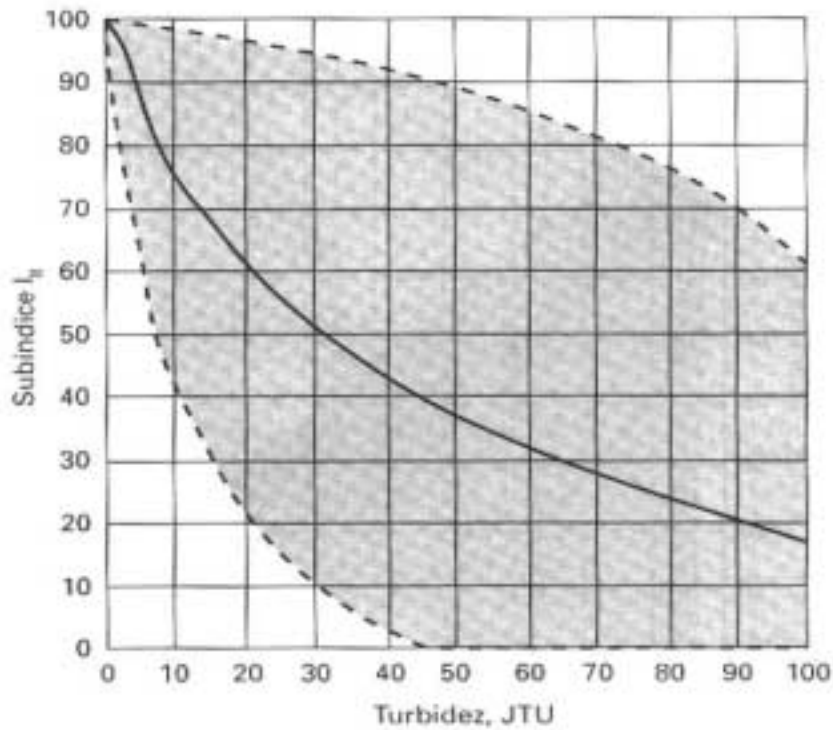


Fig.8 (6)
 Si Turb. > 100
 JTU, $I_8 = 5.0$)

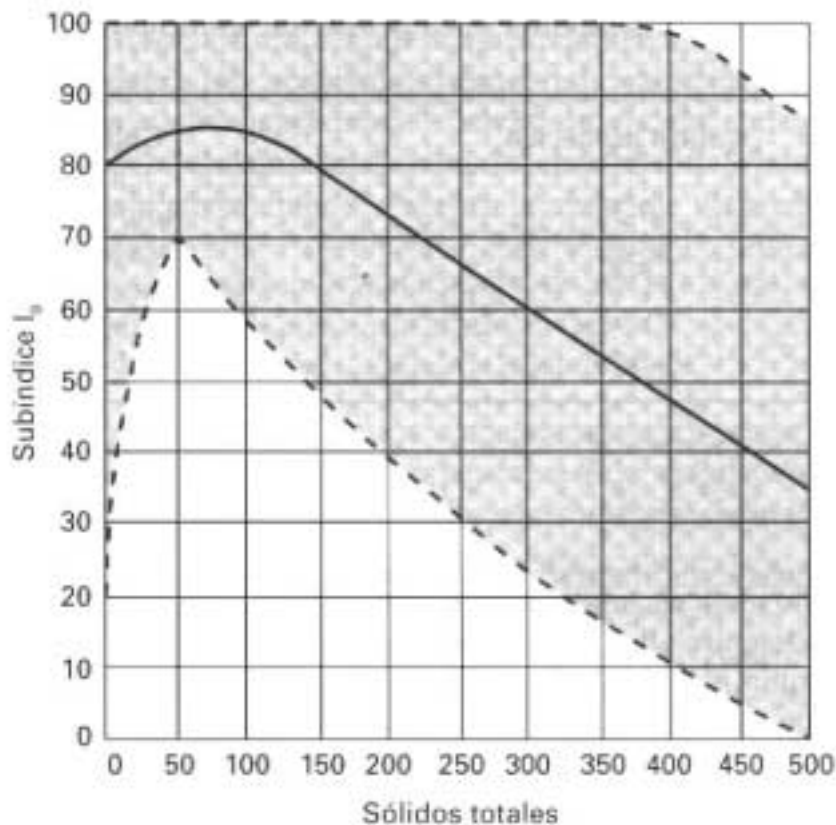


Fig.9 (6)
 Si Sólidos
 Totales > 500
 mg/L, I₉ = 20.0

E: a 0%) versus la
 cc indica los
 valores promedio y la línea punteada las curvas medias inferidas con un intervalo
 de confianza del 80%.

El valor que se obtiene finalmente en la ordenada, acorde a la concentración del
 contaminante medido puede definirse como el subíndice "i" (I_i).

Calculados los "subíndices" el paso matemático subsiguiente es su agrupamiento,
 que acorde a Brown y aplicando la técnica multiplicativa, corresponde a la
 ecuación 2.

Un aspecto que se considera importante, es la posible escasez de datos completos
 en un monitoreo, por lo que en la metodología de estimación del ICA se considera
 que al faltar el valor de alguno de los parámetros, su peso específico se reparte en
 forma proporcional entre los restantes, excluyéndolo del operador multiplicativo
 en el momento de estimar el ICA (34).

Finalmente el ICA que arroja dicha ecuación es un número entre 0 y 100 que califica la calidad, a partir del cual y en función del uso del agua, permite estimar el nivel de contaminación.

De donde se aplican los porcentajes obtenidos para establecer los usos considerados en la propuesta:

- Suministro de agua de bebida
- Protección de peces, crustáceos y fauna.
- Consumo industrial y agrícola (irrigación)
- Navegación.
- Transporte de desechos tratados.

La aplicación de estos usos se determina mediante la clasificación establecida en la escala porcentual del Cuadro de Brown (Cuadro 1) (15) .

5.7 CÁLCULO PARA DETERMINAR EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUAS

A continuación se desarrolla una guía con el fin de ilustrar de una mejor manera cómo fueron obtenidos los ICA.

Tomamos como ejemplo los resultados obtenidos en la estación de muestreo 01TALNI del mes de marzo:

A) Asignación de los pesos relativos W_i a cada parámetro y obtención de los valores del Subíndice I_i a partir de las curvas de valoración de la Calidad del Agua (Figuras 1-9)), recordando que el valor que se obtiene de la ordenada se obtiene a partir de la concentración del contaminante medido:

VARIABLE O PARÁMETRO	CONCENTRACIÓN	W_i	I_i
Oxígeno Disuelto	80 % Saturación	0.17	85
Coliformes Fecales	150 NMP/100mL	0.15	36
pH	7.17	0.12	93
DBO ₅	7 ppm	0.10	45
Nitratos	25.75 ppm	0.10	26
Fósforo Total	1.44 ppm	0.10	35
Desviación de Temperatura	11.7 °C	0.10	15
Turbidez	8 JTU	0.08	78
Sólidos Totales	276 ppm	0.08	64

B) Cálculo porcentual del ICA, mediante la aplicación de la ecuación 2:

$$ICA_m = \prod_{i=1}^n (I_i^{W_i})$$

En donde:

ICA_m : Índice de Calidad de Aguas Multiplicativo.

π : Producto.

I_i : Subíndice del parámetro i .

W_i : Pesos relativos asignados a cada parámetro (i).

n : Número de variables involucradas

- Oxígeno Disuelto: $(85)^{0.17} = 2.1281$
- Coliformes Fecales: $(36)^{0.15} = 1.7118$
- pH: $(93)^{0.12} = 1.7227$
- DBO: $(45)^{0.10} = 1.4632$
- Nitratos: $(26)^{0.10} = 1.3852$
- Fósforo Total: $(35)^{0.10} = 1.4269$
- Desviación Temperatura: $(15)^{0.10} = 1.3110$
- Turbidez: $(78)^{0.08} = 1.4170$
- Sólidos Totales: $(64)^{0.08} = 1.3947$

$$\text{ICA} = 47.02\%$$

CUADRO N° 1: Escala de clasificación general de los Usos propuestos para las Aguas del curso hídrico superficial analizado y su relación con el Índice de Calidad de Aguas de Brown. (15)

Valor obtenido en Formula de Brown (se expresa en %)	Suministro de agua de bebida	Uso recreativo	Protección íctica (peces, crustáceos y fauna)	Uso Agrícola	Uso Industrial	Navegación	Transporte de desechos ya tratados	
100	No es necesaria la purificación	Aceptable para todos los deportes acuáticos	Aceptable para todo tipo de peces	No es necesaria la purificación	No es necesaria la purificación	ACCEPTABLE	ACCEPTABLE	
90	Es necesario el proceso de purificación			Es necesario un mínimo de purificación para cultivos que requieren agua de buena calidad	Es necesaria un mínimo de purificación en aquellas industrias que requieren agua de Calidad			
80	Se requiere el proceso de		Nivel marginal para truchas	Los sembradíos normales no requieren tratamiento	Las industrias normales No requieren tratamiento			
70	Tratamiento Intensivo y de purificación para dicho fin		Dudoso para peces sensibles					Las industrias normales Para Las industrias mayoritarias
60	purificación para dicho fin	En vías de contaminación el nivel de bacterias es aún aceptable	Sólo apto para peces poco sensibles	Tratamiento extensivo para los cultivos mayoritarios	Tratamiento extensivo Para Las industrias mayoritarias			
50		Dudoso para el contacto directo con agua	Sólo apto para peces toscos					
40	Dudoso	No apto para contacto directo	No aceptable	Sólo para el tipo de agricultura que no requiere agua de calidad	Sólo para industrias y procesos que no requieren calidad			Obvia aparición de contaminación
30	Nivel	Obvia aparición de contaminación		No aceptable	No aceptable			No aceptable (Obvia aparición alto nivel de contaminación)
20	No Aceptable	No aceptable por obvia aparición de alto grado de contaminación				No aceptable	No aceptable	
10							No aceptable	
0								

6. METODOLOGÍA

6.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA Y DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El río Talnique es una subcuenca que pertenece al Distrito de Riego de Zapotitán, ubicado en el kilómetro 30 de la carretera de San Salvador a Santa Ana y pertenece a los municipios de Ciudad Arce, Sacacoyo, San Juan Opico y Colón, en el departamento de La Libertad (ver página 64); Armenia, en el departamento de Sonsonate; y El Congo, en el departamento de Santa Ana. Está delimitado al Norte por el río Sucio; al sur por la carretera CA-8, que conduce a Sonsonate, al este por la vía férrea de ferrocarriles de El Salvador, tramo Sitio El Niño-Sonsonate, y por la carretera CA-1, que conduce a Santa Ana (20).

Geográficamente, el río Talnique está enmarcado por los paralelos 13°40' de latitud norte y los meridianos 89°25' de longitud oeste.

El río Talnique se origina en las poblaciones próximas a las poblaciones de Talnique, San José Los Sitios y Jayaque, situadas al sur de la carretera San Salvador-Sonsonate.

El río nace al sur del valle, en la cadena de montañas conocidas como “Cadena del Bálsamo” (20). Éste tiene al inicio su cauce bien definido, con capacidad hidráulica moderada y con aguas que igualmente corren a velocidad moderada, al llegar a la planicie, los cauces se vuelven indefinidos y la velocidad disminuye, de manera que la infiltración es máxima, lo que hace que el agua superficial llegue al

Distrito de Riego de Zapotitán como agua subterránea, que posteriormente es explotada como pozos para aguas de riego de dicha área.

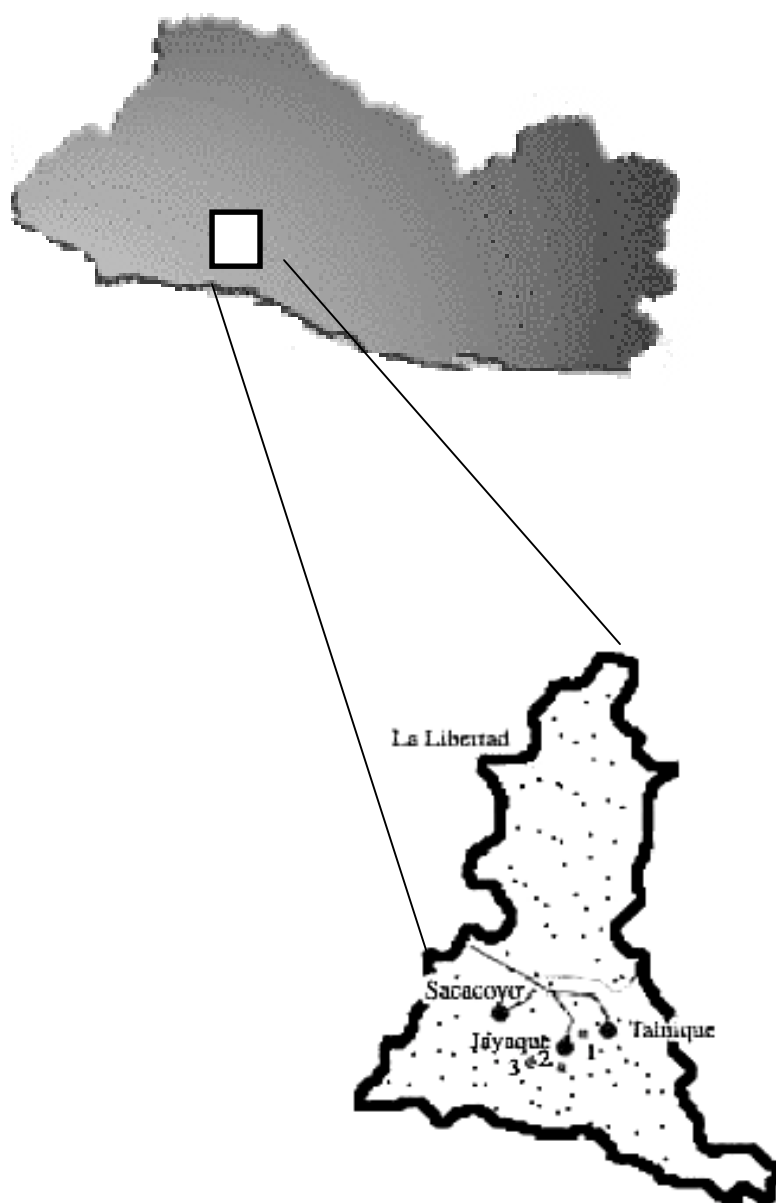
La importancia de la zona deriva principalmente a la presencia de los municipios de Colón, Sacacoyo, Ciudad Arce, Armenia que experimentan un rápido crecimiento demográfico, agrícola, Industrial y maquila en el área de estudio.

Este crecimiento acelerado y desordenado en áreas eminentemente agrícolas, trae consigo un mayor incremento de las aguas residuales que son incorporadas al las aguas superficiales y que posteriormente se integran con las aguas subterráneas para satisfacer la demanda de agua por los cultivos.

La topografía de la zona es relativamente plana, con ligeras elevaciones que no exceden de los 500 metros sobre el nivel del mar. Está rodeado por una cadena de montañas escarpadas y pequeñas colinas (20).

El clima es cálido ya que la temperatura varía entre los 21°C y los 26°C, con una humedad relativa del 82% y una precipitación pluvial de 1.400 a 1.600 mm anuales. (principalmente durante los meses de mayo a noviembre) (20).

Debido a que el río Talnique es uno de los ríos que conforman el sistema de riego implementado en el Distrito de Riego de Zapotitán, es de vital importancia que la calidad de sus aguas sea apta para el riego de hortalizas cultivadas en la zona.



Departamento de La Libertad (36)

Ubicación Geográfica del Río Talnique

6.2 SELECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MONITOREO:

Los puntos de muestreo establecidos se encuentran en aquellos lugares que pueden ofrecer una adecuada información de la situación del Río Talnique, tanto de los tramos muy contaminados como de aquellos en los que la calidad puede considerarse excelente o aceptable, por efecto de los afluentes del canal principal y de la confluencia de 2 ríos, ya que la pretensión principal es determinar la calidad intrínseca del agua, comparando situaciones diversas y medir su evolución en el tiempo.

Los puntos de monitoreo seleccionados y los códigos de identificación respectivos se detallan en:

<i>Punto de Muestreo</i>	<i>Ubicación</i>	<i>Código</i>
1	Río Talnique, Tramo arriba del poblado San José Los Sitios (zona boscosa-cafetalera).	01 TALNI
2	Desembocadura del Río Niagara	02 NIAGA
3	Río Talnique, aguas arriba de Poblado San José Los Sitios	03 SANJO
4	Río Talnique, aguas abajo de la descarga Hacienda El Tránsito	04 TALNI
5	Desembocadura del Río Ateos	05 ATEOS
6	Río Talnique antes de confluencia con río Chuchucato Área del Valle de Zapotitán (unión de ríos Talnique y Ateos)	06 TALNI
7	Desembocadura del Río Chuchucato	07 CHUCH
8	Río Talnique antes de su desembocadura al río Sucio	08 TALNI

Descripción del Área de Estudio:

a) Río Talnique, Tramo arriba del poblado San José Los Sitios:

Este sitio se encuentra ubicado previo a la unión con las aguas del Río Niagara.

Las aguas del Río son claras y el sustrato rocoso genera caídas y golpeteos. El lugar está caracterizado por la cobertura boscosa existente en los márgenes del Río y la escasa presencia humana.

Próximo a este lugar se encuentra el Beneficio “La Quebrada El Niagara” (ver Anexo IV).

b) Desembocadura del Río Niagara:

Tributario del Río Talnique.

Posee sustrato rocoso, debido a lo cual existe una escasa infiltración de aguas mieles en la orilla del río por la cercanía de los beneficios de café de la zona, no obstante el aspecto del agua es clara, la zona de la subcuenca se caracteriza por laderas utilizadas para cultivos de granos básicos (maíz), pero principalmente por la cobertura boscosa formada por plantaciones de café bajo sombra y matorrales.

El sitio de muestreo se sitúa cerca de una laguna de oxidación del Beneficio El Niagara, la cual se encuentra inactiva durante esta época del año (Marzo-Octubre). Otros Beneficios que se hallan en la zona son El Paraíso y El Chagüite.

c) Río Talnique, aguas arriba de Poblado San José Los Sitios:

Este punto de monitoreo se encuentra sobre el Río Talnique, posterior a la mezcla con aguas del Río Niagara y 200 metros antes de llegar al Cantón San José Los Sitios.

El Río marcha en un sustrato de arena y piedras. Existen algunas zonas de cultivo de granos básicos y matorrales.

d) Río Talnique, aguas abajo de la descarga Hacienda El Tránsito:

Esta área no presenta una marcada vegetación en sus alrededores. El sustrato es arenoso y se observan algunas malezas acuáticas en los márgenes del Río.

El Río recibe la influencia provocada por la actividad doméstica existente en la zona. Además, en las inmediaciones existen botaderos de desperdicios de granjas avícolas.

e) Desembocadura del Río Ateos:

Tributario del Río Talnique.

Se encuentra a la altura de puente sobre Carretera Panamericana.

El lugar cuenta con abundante vegetación acuática, sustrato arenoso y ausente de piedras que favorezcan el golpeteo del agua.

En sus alrededores existen campos de cultivo de caña de azúcar y se observa actividades domésticas en las riberas del Río.

Recibe la influencia de descargas producidas por las Granjas San Jorge y Santa Inés, Sello de Oro y la Tenería ADOC.

f) Río Talnique antes de confluencia con Río Chuchucato Área del Valle de Zapotitán (unión de ríos Talnique y Ateos):

Este punto de monitoreo se ubica sobre el Río Talnique, previo a recibir la descarga proveniente del Río Chuchucato y aguas arriba de la represa y bocatoma del Sistema de Riego de Zapotitán.

En la zona predominan los cultivos de caña de azúcar y maíz bajo riego.

El sustrato del Río es arenoso y limoso. Existe una excesiva presencia de malezas acuáticas.

Cercanas a la zona se encuentran agroindustrias (Lácteos Pinos), las cuales pueden significar la alteración de la calidad del agua del Río.

g) Desembocadura del Río Chuchucato:

Afluente del Río Talnique.

Se encuentra previo a la unión con el Río Talnique, a la altura de la represa y bocatoma del sistema de riego del Distrito de Zapotitán.

La estación de muestreo se sitúa en una zona de cultivo de caña de azúcar y parcelas de maíz bajo riego.

La corriente del Río Chuchucato transporta las descargas de industrias y procesadoras de alimentos: EUREKA y PREFASA (fábricas de duralita), MOORE y EL SURCO (Elaboración de concentrados), CRIAVES (agroindustria), DEL TROPIC FOOD (Maquila de alimentos / Frijoles para exportación).

Las aguas son muy turbias, su flujo es lento y el sustrato es limoso.

h) Río Talnique antes de su desembocadura al Río Sucio:

Las aguas son claras y presenta moderada vegetación acuática en la orilla del río.

El sustrato es limoso y hay pocas piedras que puedan favorecer el golpeteo del agua.

No se observa población rural, pero sí actividad agrícola en los alrededores del cuerpo de agua.

Los criterios bajo los cuales estos puntos de muestreo fueron seleccionados son los siguientes:

- Representatividad de la muestra para la determinación de la calidad del agua de la Subcuenca.
- Topografía de la zona de interés.
- Actividades antropogénicas permanentes: lavado de ropa, recreación, etc.
- Características físicas de las corrientes: pedregosidad, pendiente, vegetación acuática, etc.
- Aporte y mezcla de afluentes.
- Localización de estructuras hidráulicas importantes.
- Usos críticos del agua en la cuenca, principalmente abastecimiento humano y riego.

7. PARTE EXPERIMENTAL

Con el objeto de determinar el grado de aptitud de las aguas del río Talnique se realizó el Trabajo de Campo y de Laboratorio.

7.1 TRABAJO DE CAMPO

1) *Análisis de Parámetros de Campo:*

Para la medición de los Parámetros de Campo en cada punto de muestreo se empleó el equipo adecuado (HORIBA, Modelo U-10). Con éste se obtuvo lecturas de pH, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Oxígeno Disuelto, Temperatura de la Muestra.

Se aplicó el método de Vadeo para la medición del Caudal, en el que se establecen lecturas de velocidad del agua en diferentes puntos en dirección del ancho del río y la profundidad promedio del sitio. Las lecturas de velocidad se obtienen mediante el empleo de un molinete.

Los métodos aplicados para la determinación de cada parámetro de especifican a continuación:

MÉTODOS DE ANÁLISIS DE PARÁMETROS DE CAMPO

Parámetro	Método
pH	Electrométrico
Conductividad Eléctrica	Puente de Westone
Turbidez	Turbidimétrico
Oxígeno Disuelto	Electrométrico (electrodo de membrana)
Temperatura de la Muestra	Termómetros, medidores digitales.
Temperatura Ambiental	Termómetros, medidores digitales.
Medición de Caudal	Vadeo

2) *Recolección de Muestras para Análisis de Laboratorio:*

Para la recolección de las muestras destinadas al análisis de Laboratorio se aplicó la red de monitoreo diseñada por consultoría externa(15) y las recomendaciones del *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater:*

- Lavar el envase varias veces (directamente del río) con la muestra antes de ser recolectada.

- Preservar la muestra de acuerdo al parámetro a evaluar. Este es uno de los aspectos más importantes a considerar para mantener la integridad de la muestra recolectada durante su transporte al laboratorio de análisis. Los preservantes empleados se detallan en el siguiente cuadro:

<i>PRESEVANTE</i> <i>PARÁMETRO</i>	ÁCIDO NÍTRICO	ÁCIDO SULFÚRICO	HIELO 4°C	ALCALÍ- IODURO- AZIDA
DQO		X	X	
DBO ₅			X	X
NITRÓGENO TOTAL		X	X	
NITRATOS			X	
NITRITOS			X	
DUREZA (9)	X		X	
COLIFORMES TOTALES Y FECALES			X	
SÓLIDOS			X	

3) Identificación de Muestras:

Cada frasco se identificó debidamente con el nombre y código de la estación de muestreo, fecha y hora de la colecta, nombre del Laboratorio de análisis de las muestras, descripción de parámetros a analizar por muestra, tipo de preservante, nombre y firma del responsable del muestreo.

4) Tipo de Envase:

Los frascos utilizados en el muestreo fueron adecuados para el tipo de análisis así:

Análisis Físico-Químicos: la muestra de agua se tomará en un recipiente de polietileno de 1 galón de capacidad.

Análisis de Grasas y Aceites: Frascos de vidrio con capacidad de 1 litro.

Análisis de Detergentes: Frasco de vidrio ámbar con capacidad de 1 litro.

Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO₅): se tomará en frascos plásticos de 1 litro de capacidad.

Análisis de OD: Frascos Winkler de 500 mL.

Análisis Bacteriológicos: en bolsas plásticas estériles con capacidad de 125 mL.

7.2 TRABAJO DE LABORATORIO

En el Laboratorio se realizó el procesamiento de las muestras entregadas por el equipo de muestreo, procediendo de inmediato a su análisis. Los métodos empleados para la evaluación de cada parámetro se describen a continuación:

ANÁLISIS DE PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICOS EN LABORATORIO

Parámetro	Metodología
Color	Platino-Cobalto
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	Reflujo Cerrado, Colorimétrico
Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días (DBO ₅)	Estándar
Nitrógeno de Nitratos	Reducción con Cadmio
Nitrógeno de Nitritos	Diazotización
Nitrógeno Amoniacal	Nessler
Fósforo de Ortofosfatos	Ácido Ascórbico
Fósforo Total	Digestión Ácida con Persulfato
Detergentes	Violeta Cristal
Cloruros	Mohr
Alcalinidad Total	Titrimétrico
Dureza	Valoración con EDTA
Sólidos Totales	Gravimétrico
Sólidos Disueltos	Gravimétrico
Sólidos Suspendidos	Gravimétrico
Sólidos Sedimentables a 10 minutos y a 2 horas	Conos Imhoff
Grasas y Aceites	Extracción con benceno
Coliformes Fecales y Totales	Técnica de Fermentación de Tubos Múltiples, según BAM (Bacteriological Analytical Manual)
Nitrógeno Total*	Método Kjeldhal

* No se obtuvieron los resultados de este parámetro provenientes de El Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES.

8. DATOS EXPERIMENTALES

De los resultados mensuales se determinó el valor promedio de cada parámetro en los cuatro meses monitoreados, facilitando así la interpretación de los valores obtenidos de los análisis físico-químicos y microbiológicos evaluados en la subcuenca.

Para el mes de junio, el Laboratorio de Calidad Integral de FUSADES no proporcionó los resultados de los análisis de Grasas y Aceites, por lo cual se determinó su valor promedio a partir de los datos disponibles (marzo-abril-mayo).

Debido a la no disponibilidad del kit de reactivos necesario para el análisis de Nitritos, durante los meses de marzo y abril no se llevó a cabo esta determinación.

A continuación se presentan las tablas de los datos experimentales obtenidos en la investigación del grado de contaminación de la subcuenca del Río Talnique.

RESULTADOS DE ANÁLISIS REALIZADOS EN EL MES DE MARZO

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Identificación de Muestra		01 TALNI	02 NIAGA	03 SANJO	04 TALNI	05 ATEOS	06 TALNI	07 CHUCH	08 TALNI
Fecha de Muestreo		27/03/2001	27/03/2001	27/03/2001	27/03/2001	29/03/2001	29/03/2001	29/03/2001	29/03/2001
Hora Toma de Muestra		9:00 A.M.	10:20 A.M.	11:45 A.M.	1:20 P.M.	12:55 P.M.	11:05 A.M.	10:10 A.M.	8:30 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	20.3	19.8	23.9	28.8	26.9	28.1	25.6	22.6
Temperatura Ambiente	°C	32	30	33	34	34	33	30	29
pH	unidades pH	7.17	7.24	7.41	7.32	7.74	7.67	7.78	7.51
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	206	186	194	187	244	419	663	539
Turbidez	NTU	152.09	76.04	323.19	627.38	133.08	342.21	247.15	361.22
Caudal	m ³ /s	0.063	0.050	0.100	0.045	0.127	0.545	0.098	0.189
Oxígeno Disuelto *	ppm	7.23	7.11	7.54	6.81	6.69	5.58	4.24	5.21
Alcalinidad Total como CaCO ₃	ppm	110	106	170	139	153	235	600	534
Dureza Total	ppm	281.6	294.4	336.0	220.8	195.2	272.0	492.8	323.2
Nitratos	ppm	25.75	22.35	14.05	17.25	18.50	20.75	14.65	14.80
N-Nitratos	ppm	5.82	5.05	3.17	3.90	4.18	4.69	3.30	3.34
Nitrógeno Amoniacal	ppm	0.260	0.255	0.265	0.350	0.285	0.675	1.085	0.285
DBO ₅	ppm	7	8	7	11	9	8	10	9
DQO	ppm	9.0	11.5	7.5	16.0	4.5	6.0	11.0	7.5
Cloruros	ppm	6.03	3.55	3.90	4.96	6.38	15.60	26.94	20.21
Grasas y Aceites	ppm	8.2	5.8	10.0	14.4	23.0	17.8	16.4	14.8
Detergentes	ppm	0.018	0.035	0.046	0.013	0.020	0.022	0.008	0.011
Fósforo de Ortofosfato (PO ₄ ⁻³)	ppm	0.92	0.79	0.74	0.80	1.05	1.69	1.81	1.99
Fósforo Total	ppm	1.44	0.87	1.01	1.19	1.67	2.29	2.51	2.26
Sólidos Totales	ppm	276	248	274	266	383	558	829	367
Sólidos Disueltos	ppm	266	234	256	258	364	532	816	360
Sólidos Suspendedos a 105°C	ppm	10	14	18	8	18	26	12	6
Sólidos Sedimentables 10 Min.	ml/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0
Sólidos Sedimentables 2 Horas	ml/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	0.1
Color Aparente	PtCo	62	52	50	70	48	45	42	51
Coliformes Fecales	NMP/100mL	150	2400	43	9300	900	150	933	93
Coliformes Totales	NMP/100mL	15000	24000	2400	46000	93000	933	150000	1500

* Parámetro Evaluado en Campo

RESULTADOS DE ANÁLISIS REALIZADOS EN EL MES DE ABRIL

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Identificación de Muestra		01 TALNI	02 NIAGA	03 SANJO	04 TALNI	05 ATEOS	06 TALNI	07 CHUCH	08 TALNI
Fecha de Muestreo		18/04/2001	18/04/2001	18/04/2001	18/04/2001	19/04/2001	19/04/2001	19/04/2001	19/04/2001
Hora Toma de Muestra		8:35 A.M.	9:20 A.M.	10:55 A.M.	12:40 P.M.	12:55 P.M.	11:35 A.M.	10:10 A.M.	8:50 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	22.9	22.4	24.6	29.6	26.9	27.7	25.9	22.7
Temperatura Ambiente	°C	29	30	32	32	32	31	30	28
pH	unidades pH	7.72	7.42	7.68	7.55	7.73	7.81	7.86	7.44
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	201	184	193	184	294	438	93	582
Turbidez	NTU	57.03	38.02	247.15	342.21	152.09	57.03	133.08	38.02
Caudal	m ³ /s	0.040	0.037	0.127	0.064	0.134	0.049	0.590	0.108
Oxígeno Disuelto*	ppm	7.61	7.27	6.02	6.52	5.31	5.98	4.15	5.92
Alcalinidad Total como CaCO ₃	ppm	93	105	165	103	154	205	337	293
Dureza Total	ppm	166.4	214.4	275.2	227.2	230.4	355.2	486.5	592.0
Nitratos	ppm	29.44	10.00	9.15	31.65	21.25	23.50	25.85	22.00
N-Nitratos	ppm	6.65	2.26	2.07	7.15	4.80	5.31	5.84	4.97
Nitrógeno Amoniacal	ppm	0.260	0.280	0.275	0.275	0.310	1.080	0.890	0.320
DBO ₅	ppm	3	2	2	3	4	7	10	7
DQO	ppm	6.0	8.5	4.0	2.0	51.5	52.5	53.0	65.5
Cloruros	ppm	5.32	5.67	5.67	7.44	8.15	18.08	28.28	23.75
Grasas y Aceites	ppm	5.0	10.6	16.4	13.2	8.2	9.0	13.8	11.0
Detergentes	ppm	0.000	0.000	0.000	0.000	0.027	0.041	0.009	0.014
Fósforo de Ortofosfato (PO ₄)	ppm	0.61	0.63	0.76	1.23	0.73	1.90	1.98	1.79
Fósforo Total	ppm	0.98	1.01	1.05	1.40	0.95	2.00	2.25	1.82
Sólidos Totales	ppm	288	268	284	270	364	486	742	616
Sólidos Disueltos	ppm	256	232	268	250	278	444	688	610
Sólidos Suspendidos a 105°C	ppm	8	4	4	8	14	4	14	7
Sólidos Sedimentables 10 Min.	ml/L	0	0	0	0	0	0	0	0
Sólidos Sedimentables 2 Horas	ml/L	0	0	0	0	0	0	0	0
Color Aparente	PtCo	20	16	41	36	58	91	33	5
Coliformes Fecales	NMP/100mL	240	2400	93	21000	1500	930	2400	1500
Coliformes Totales	NMP/100mL	9300	11000	460	21000	11000	46000	4600	2400

* Parámetro Evaluado en Campo

RESULTADOS DE ANÁLISIS REALIZADOS EN EL MES DE MAYO

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Identificación de Muestra		01 TALNI	02 NIAGA	03 SANJO	04 TALNI	05 ATEOS	06 TALNI	07 CHUCH	08 TALNI
Fecha de Muestreo		23/05/2001	23/05/2001	23/05/2001	23/05/2001	24/05/2001	24/05/2001	24/05/2001	24/05/2001
Hora Toma de Muestreo		9:20 A.M.	10:30 A.M.	11.55 A.M.	1:05 P.M.	1:10 P.M.	12:05 P.M.	10:40 A.M.	9:20 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	22.7	22.7	24.9	27.9	27.8	28.1	27.6	25.9
Temperatura Ambiente	°C	28.5	28	30.5	32.5	32.5	32	31.5	29
pH	unidades pH	7.11	7.2	7.09	7.05	7.47	7.44	7.53	7.65
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	201	174	189	178	252	371	595	463
Turbidez	NTU	133.08	114.07	304.18	228.14	76.04	76.04	209.12	133.08
Caudal	m ³ /s	0.083	0.098	0.137	0.101	0.275	0.693	0.085	0.360
Oxígeno Disuelto*	ppm	6.24	6.34	6.36	6.88	4.81	3.74	4.89	4.87
Alcalinidad Total como CaCO ₃	ppm	177	202	195	99	151	202	277	426
Dureza Total	ppm	304	336	304	312	216	264	568	376
Nitratos	ppm	28.30	27.20	26.65	32.20	11.20	24.45	14.70	16.80
N-Nitratos	ppm	6.39	6.14	6.02	7.27	2.53	5.52	3.32	3.79
Nitritos	ppm	0.0190	0.0155	0.0150	0.0305	0.0275	0.3620	0.0955	0.0445
Nitrógeno Amoniacal	ppm	0.265	0.250	0.240	0.380	0.265	0.435	0.405	0.295
DBO ₅	ppm	2	2	2	1	1	1	1	3
DQO	ppm	8.5	7.5	10.5	9.5	7.5	5.0	3.5	10.5
Cloruros	ppm	5.32	4.96	4.61	4.61	6.60	14.89	24.11	17.73
Grasas y Aceites	ppm	22.0	26.8	22.8	53.4	16.4	11.8	29.2	37.8
Detergentes	ppm	0.017	0.009	0.010	0.011	0.008	0.012	0.001	0.010
Fósforo de Ortofosfato (PO ₄)	ppm	0.65	0.69	0.60	28.00	1.02	1.87	1.73	2.31
Fósforo Total	ppm	1.06	1.06	0.84	35.38	1.27	1.89	1.98	1.84
Sólidos Totales	ppm	2940	2640	2780	2640	3165	4020	7200	4940
Sólidos Disueltos	ppm	2840	2600	2620	2600	3040	3940	6840	4800
Sólidos Suspendidos a 105°C	ppm	40	20	80	140	120	60	20	80
Sólidos Sedimentables 10 Min.	ml/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Sólidos Sedimentables 2 Horas	ml/L	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Color Aparente	PtCo	53	65	42	33	29	34	72	46
Coliformes Fecales	NMP/100mL	24000	21000	9300	4600	24000	150	11000	1500
Coliformes Totales	NMP/100mL	460000	150000	110000	110000	46000	4600	46000	11000

* Parámetro Evaluado en Campo

RESULTADOS DE ANÁLISIS REALIZADOS EN EL MES DE JUNIO

Parámetros	Unidad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6	Muestra 7	Muestra 8
Identificación de Muestra		01 TALNI	02 NIAGA	03 SANJO	04 TALNI	05 ATEOS	06 TALNI	07 CHUCH	08 TALNI
Fecha de Muestreo		21/6/2001	21/6/2001	21/6/2001	21/6/2001	22/6/2001	22/6/2001	22/6/2001	22/6/2001
Hora Toma de Muestreo		8:40 A.M.	9:10 A.M.	11:45 A.M.	1:15 P.M.	12:35 P.M.	11:20 A.M.	10:05 A.M.	8:50 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	22.8	22.9	25.6	31.8	26.8	26.4	25.7	24.9
Temperatura Ambiente	°C	28.5°C	28.5°C	30.5°C	33°C	31°C	30.5°C	29°C	27°C
pH	unidades pH	7.68	7.51	7.63	7.72	7.08	7.36	7.71	7.53
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	206	179	193	184	181	256	509	312
Turbidez	NTU	5285.17	1501.90	2585.55	4828.90	18992.40	9429.66	1711.03	1730.04
Caudal	m3/s	0.038	0.044	0.174	0.217	0.361	0.910	0.203	1.489
Oxígeno Disuelto*	ppm	6.34	6.64	6.0	5.2	4.41	3.9	4.48	4.5
Alcalinidad Total como CaCO ₃	ppm	164	170	144	142	100	120	200	144
Nitratos	ppm	21	16.7	19.25	16.3	25.6	31	30.4	26.75
N-Nitratos	ppm	4.74	3.77	4.35	3.68	5.78	7.00	6.86	6.04
Nitritos	ppm	0.019	0.0	0.0	0.0095	0.1245	0.3705	0.0815	0.1435
Nitrógeno Amoniacal	ppm	0.68	1.525	1.115	0.975	1.175	1.57	0.77	0.84
DBO ₅	ppm	4	2	4	5	4	6	2	4
DQO	ppm	11.5	7.5	12	10.5	21.5	24.5	9.5	17
Cloruros	ppm	2.27	1.56	1.91	3.69	23.40	12.05	18.43	10.64
Detergentes	ppm	0.003	0.008	0.004	0.052	0	0	0.007	0.015
Fósforo de Ortofosfato (PO ₄)	ppm	1.23	0.46	0.54	0.59	0.84	1.26	1.18	1.51
Fósforo Total	ppm	2.00	0.88	0.90	0.86	0.96	1.71	1.42	1.64
Sólidos Totales	ppm	3880	2820	3300	4100	11080	5060	5680	4060
Sólidos Disueltos	ppm	3320	2620	3000	2920	2620	3480	5740	3800
Sólidos Suspendidos a 105°C	ppm	700.0	600.0	520.0	940.0	8920.0	1380.0	80.0	320.0
Sólidos Sedimentables 10 Min.	ml/L	0.0	0.1	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.0
Sólidos Sedimentables 2 Horas	ml/L	0.1	0.2	0.0	0.0	0.7	0.3	0.1	0.1
Color Aparente	PtCo	595	94	275	395	6050	1625	33	239
Coliformes Fecales	NMP/100mL	2400	1500	9300	24000	4600	1500	11000	1500
Coliformes Totales	NMP/100mL	24000	21000	9300	46000	24000	1500	46000	15000

* Parámetro Evaluado en Campo

RESULTADOS PROMEDIO DE ANÁLISIS MENSUALES

Identificación de Muestra		01 TALNI	02 NIAGA	03 SANJO	04 TALNI	05 ATEOS	06 TALNI	07 CHUCH	08 TALNI
Temperatura de Muestra	°C	22.18	21.95	24.75	29.53	27.10	27.58	26.20	24.03
pH	unidades pH	7.42	7.34	7.45	7.41	7.51	7.57	7.72	7.53
Conductividad Eléctrica	mmhos/cm	203.5	180.8	192.3	183.3	242.8	371.0	465.0	474.0
Turbidez	NTU	1406.84	432.51	865.02	1506.66	4838.40	2476.23	575.09	565.59
Color Aparente	Pt-Co	182.5	56.8	102.0	133.5	1546.3	448.8	45.0	85.3
Caudal	m ³ /s	0.056	0.057	0.135	0.107	0.224	0.549	0.244	0.537
Oxígeno Disuelto*	ppm	6.86	6.84	6.48	6.35	5.31	4.80	4.44	5.13
DBO ₅	ppm	4	4	4	5	5	6	6	6
DQO	ppm	8.75	8.75	8.50	9.50	21.25	22.00	19.25	25.13
Alcalinidad Total como CaCO ₃	ppm	133.5	145.8	171.3	120.3	139.5	191.5	354.3	349.3
Dureza Total	ppm	232.0	243.2	256.8	214.0	214.4	272.8	490.8	416.8
N-Nitratos	ppm	5.90	4.31	3.90	5.50	4.32	5.63	4.83	4.54
Nitratos	ppm	26.12	19.06	17.28	24.35	19.14	24.93	21.40	20.09
Nitritos	ppm	0.019	0.016	0.015	0.020	0.076	0.366	0.089	0.094
Nitrógeno Amoniacal	ppm	0.366	0.577	0.474	0.495	0.509	0.940	0.788	0.435
Cloruros	ppm	4.73	3.94	4.02	5.18	11.13	15.16	24.44	18.08
Grasas y Aceites	ppm	11.73	14.4	16.4	27.0	15.9	16.2	19.8	21.2
Detergentes	ppm	0.0095	0.0130	0.0150	0.0190	0.0138	0.0188	0.0063	0.0125
Fósforo de Ortofosfato (PO ₄)	ppm	0.853	0.643	0.658	7.654	0.910	1.678	1.674	1.781
Fósforo Total	ppm	1.37	0.96	0.95	9.71	1.21	1.97	2.04	2.01
Sólidos Totales	ppm	311.5	265.5	291.5	302.5	542.8	488.0	714.8	470.8
Sólidos Disueltos	ppm	284.5	247.0	271.5	265.0	302.0	429.5	690.5	532.5
Sólidos Suspendidos a 105°C	ppm	23	20	20.5	31	234	43.5	9	13.3
Sólidos Sedimentables 10 Min.	ml/L	0.000	0.025	0.000	0.000	0.050	0.025	0.050	0.000
Sólidos Sedimentables 2 Horas	ml/L	0.025	0.050	0.000	0.000	0.175	0.075	0.100	0.050
Coliformes Fecales	NMP/100mL	1298	2100	2592	17325	2350	1020	6333	1148
Coliformes Totales	NMP/100mL	23575	17750	5790	55750	43500	13258	61650	7475

* Parámetro Evaluado en Campo

**GRÁFICOS DE RESULTADOS PROMEDIOS OBTENIDOS EN MESES DE
MARZO, ABRIL, MAYO Y JUNIO**

Gráfico IA

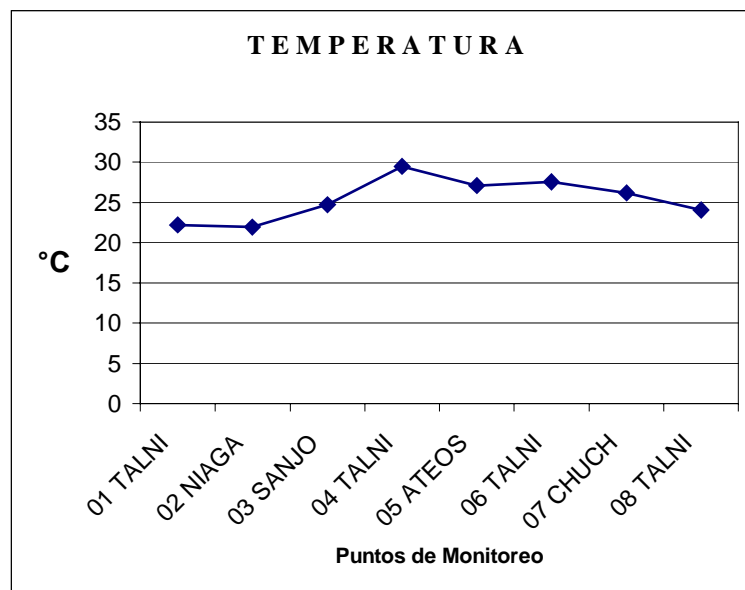


Gráfico IIA

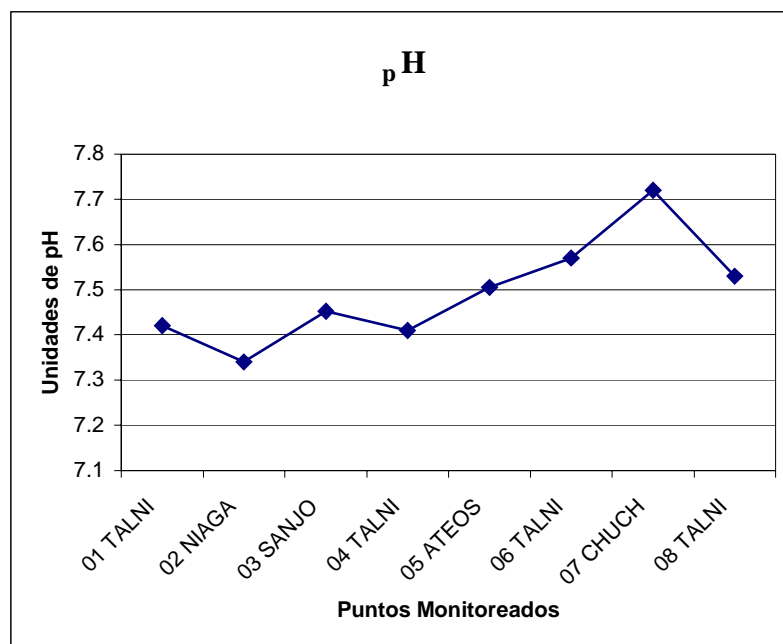


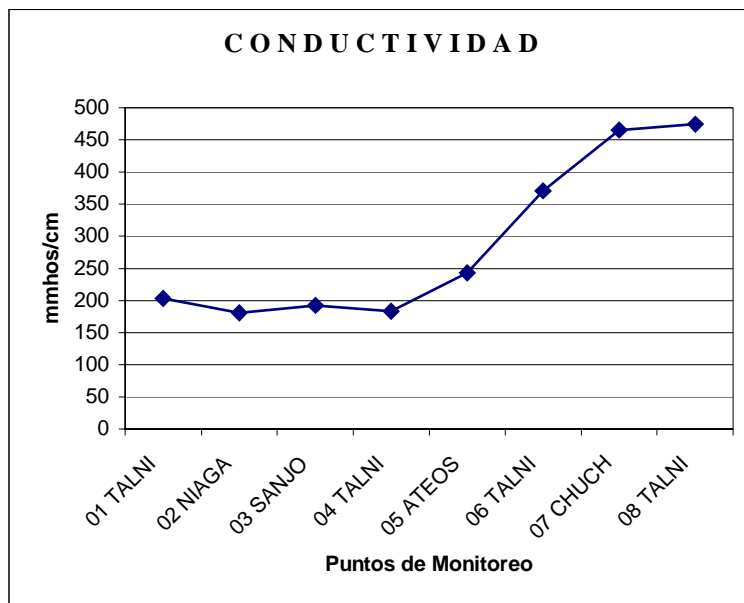
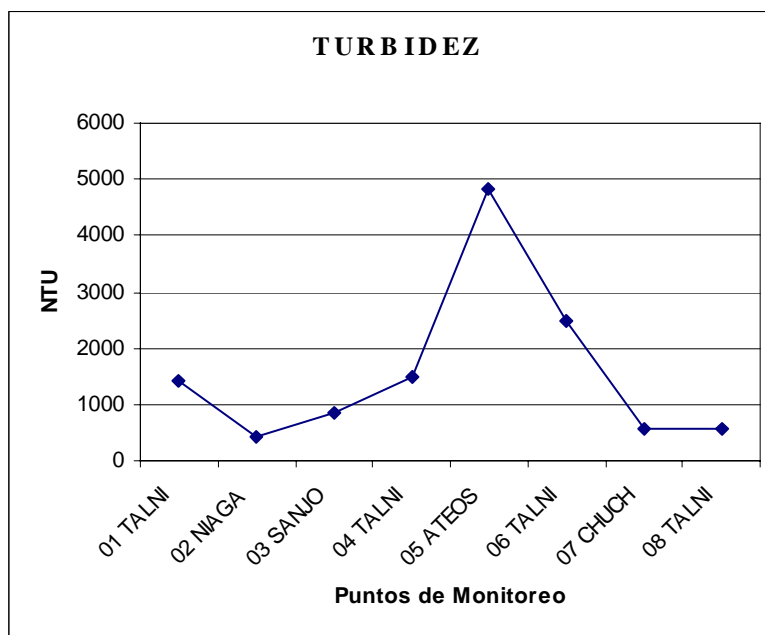
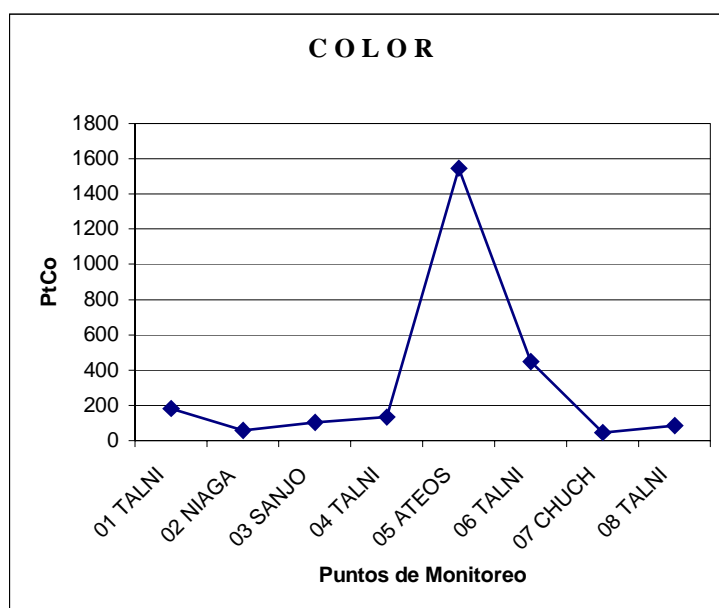
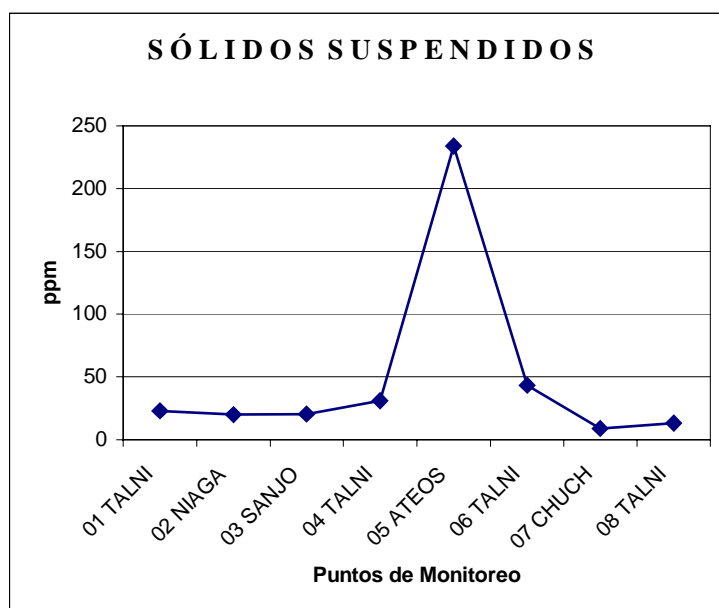
Gráfico IIIA**Gráfico IVA**

Gráfico VA**Gráfico VIA**

1 ppm \equiv 1mg/L

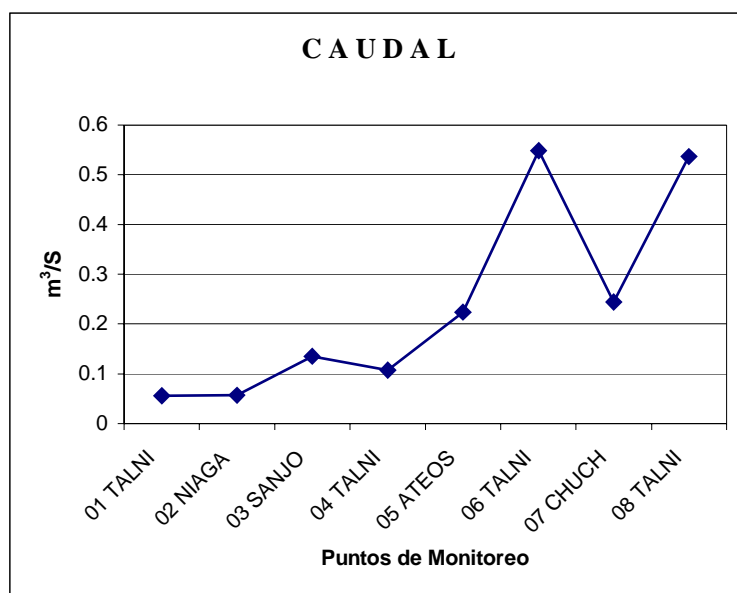
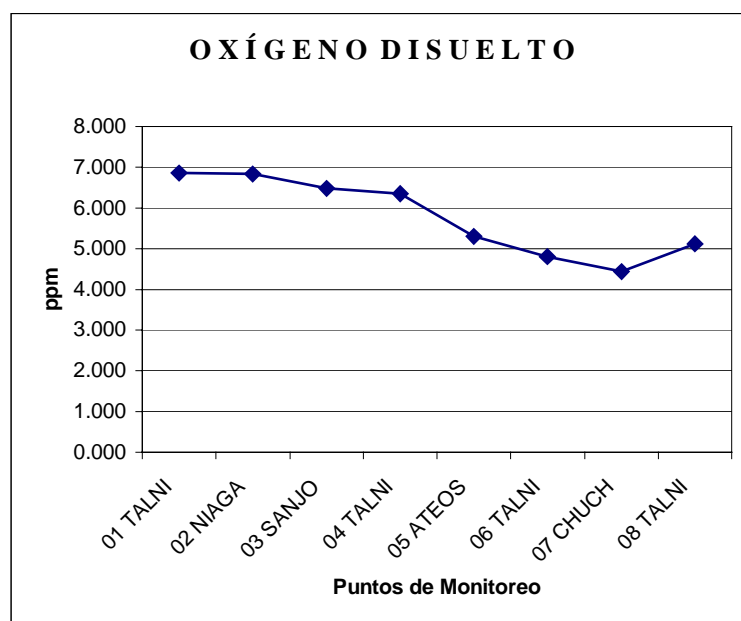
Gráfico VIIA**Gráfico VIIIA**

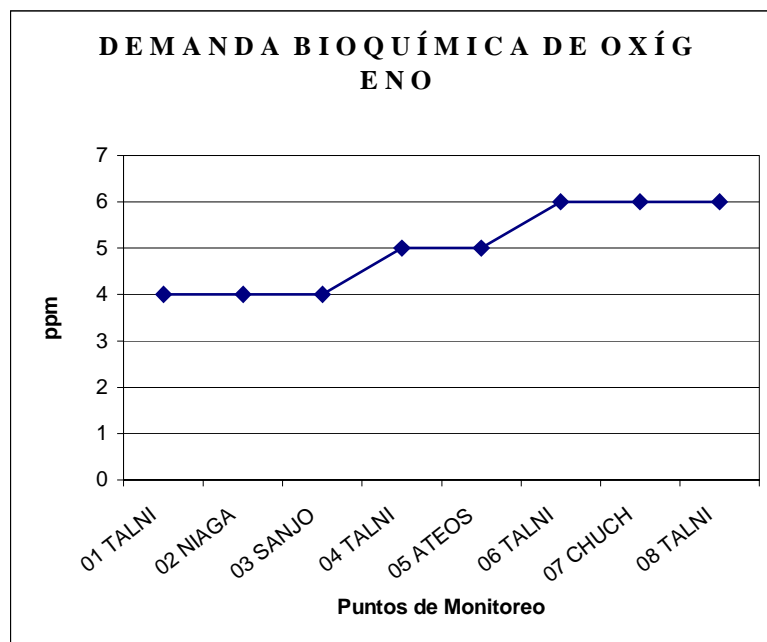
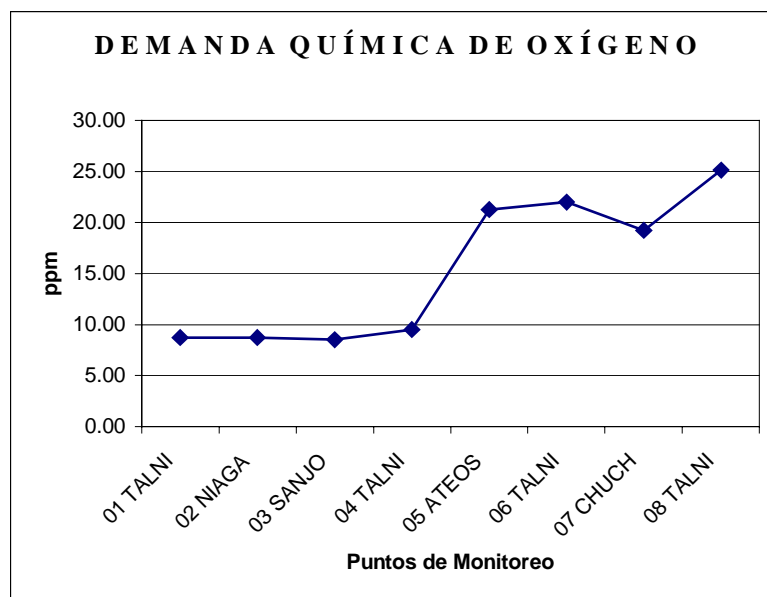
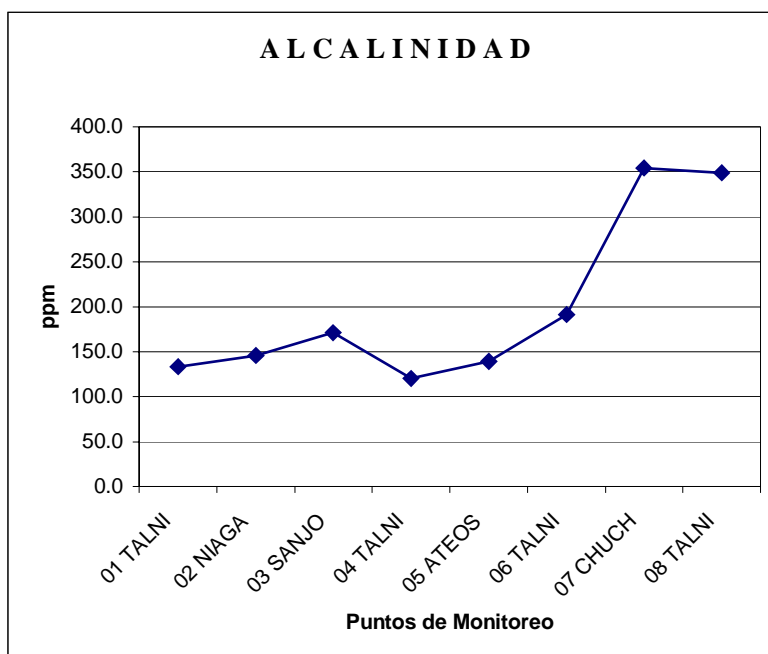
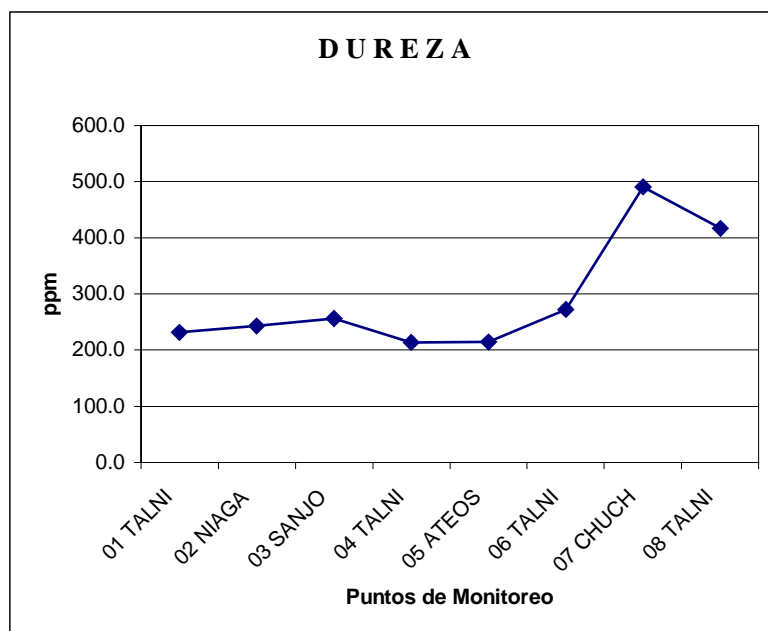
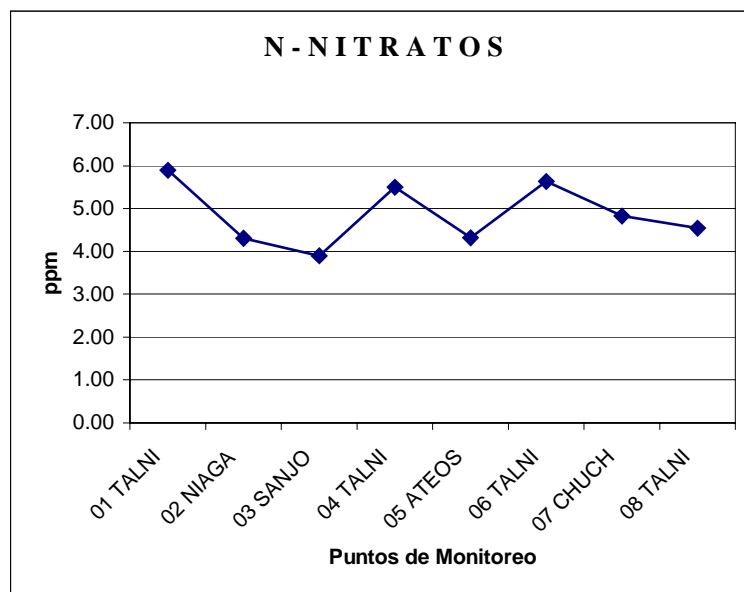
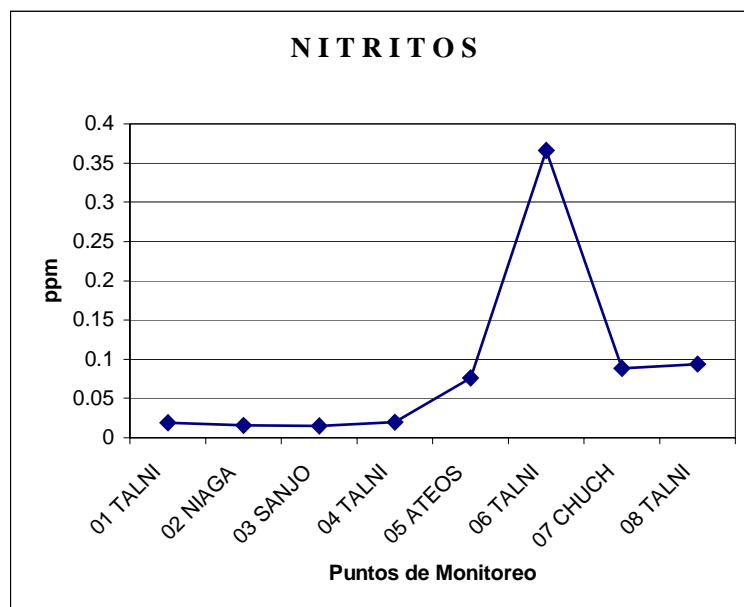
Gráfico IXA**Gráfico XA**

Gráfico XIA**Gráfico XIIA****Gráfico XIII A**

**Gráfico XIVA****Gráfico XVA**

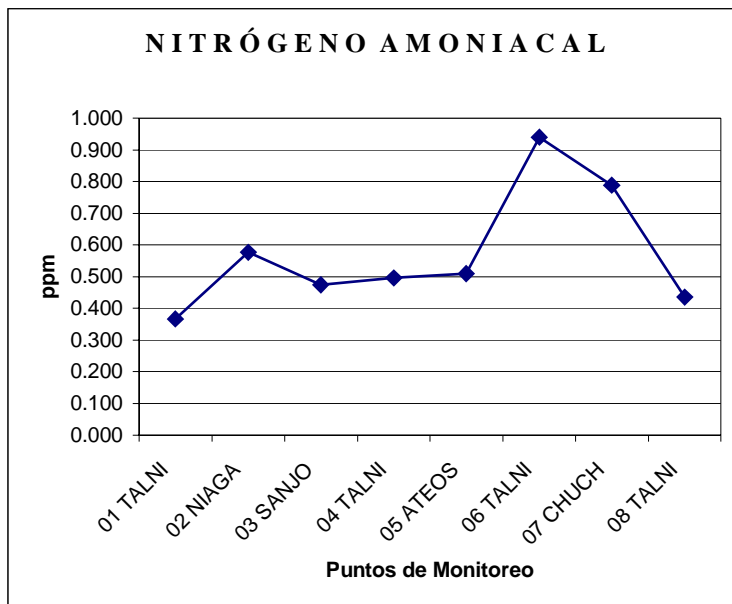


Gráfico XVII

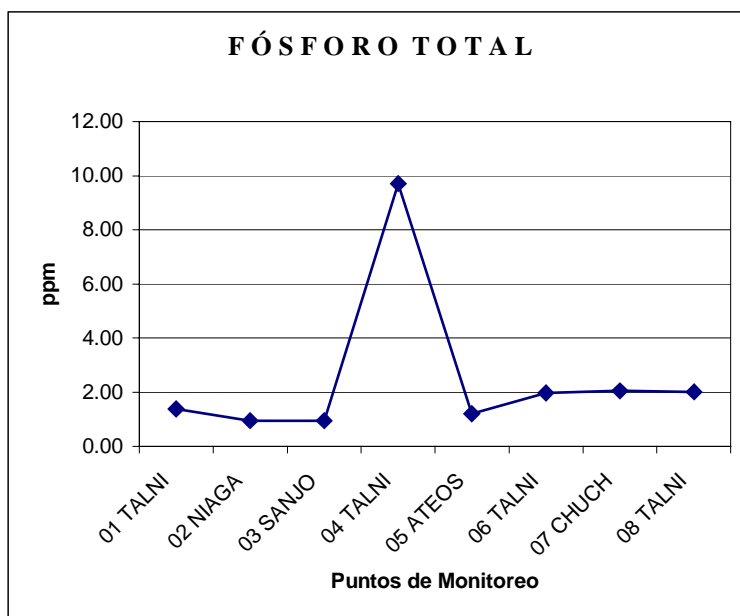
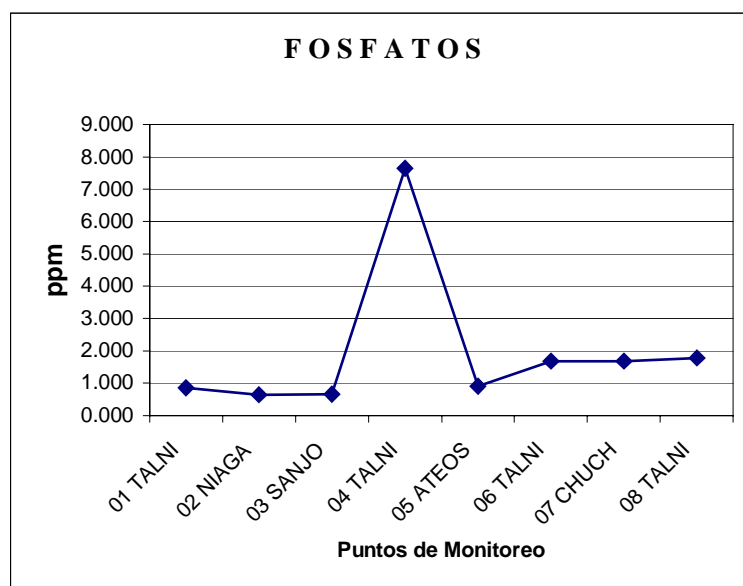
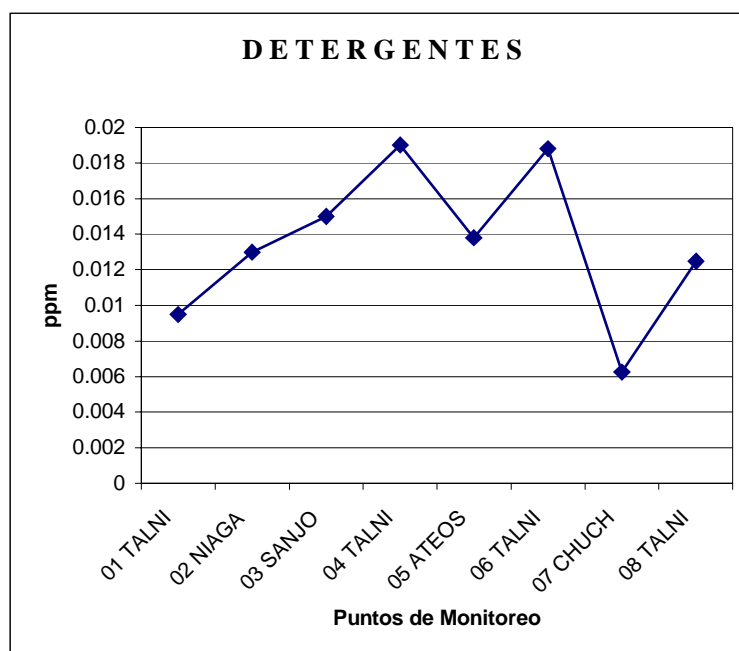


Gráfico XVIII

**Gráfico XVIII****Gráfico XIX**

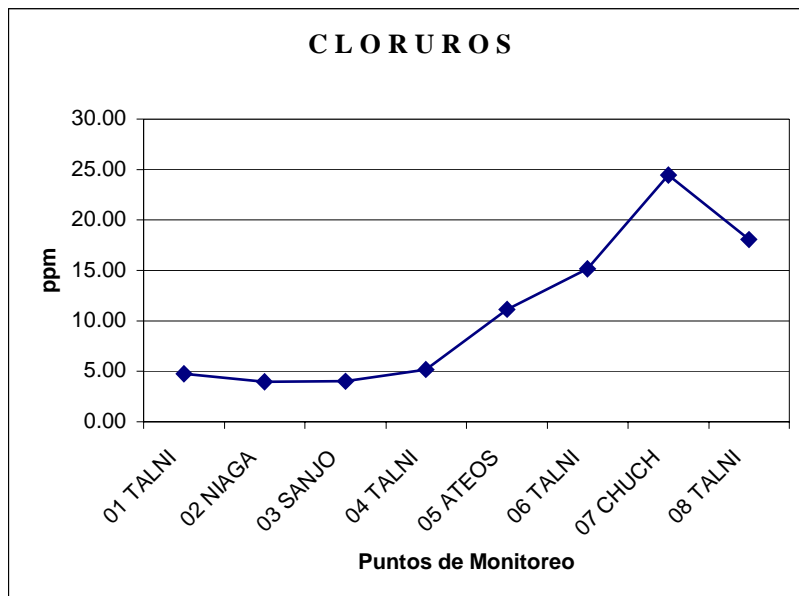


Gráfico XXA

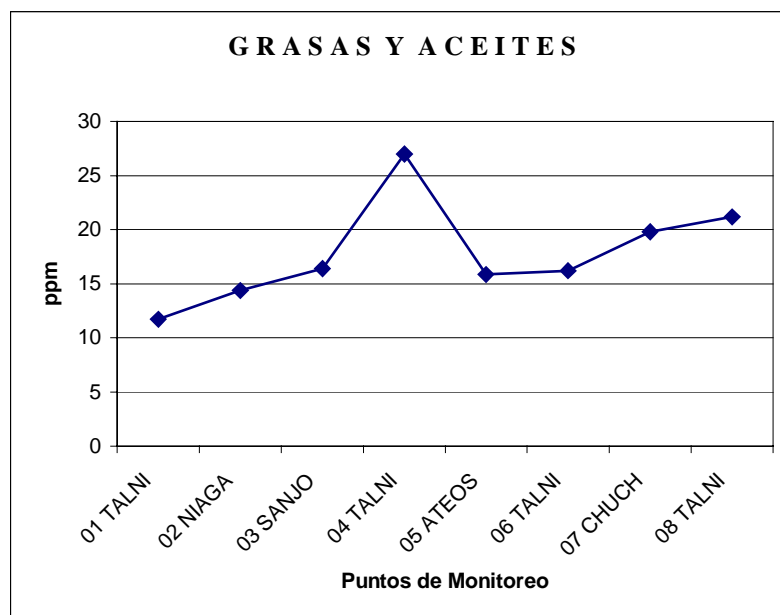


Gráfico XXIA

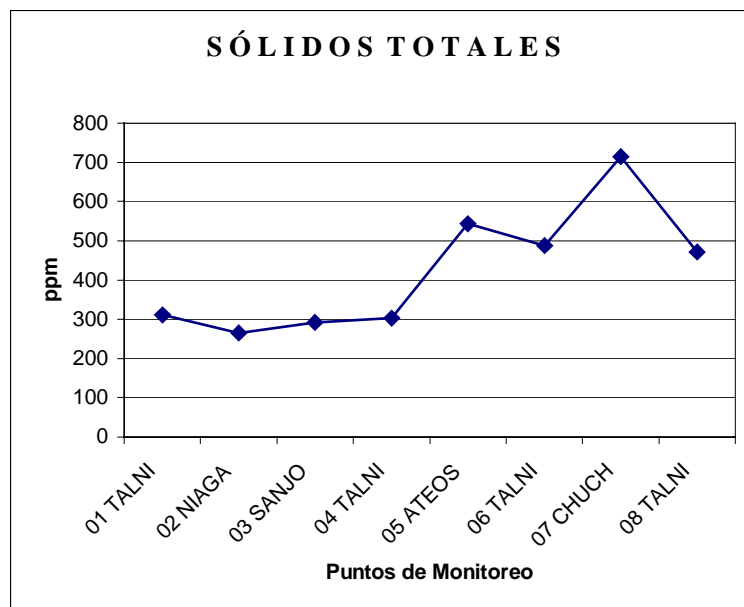
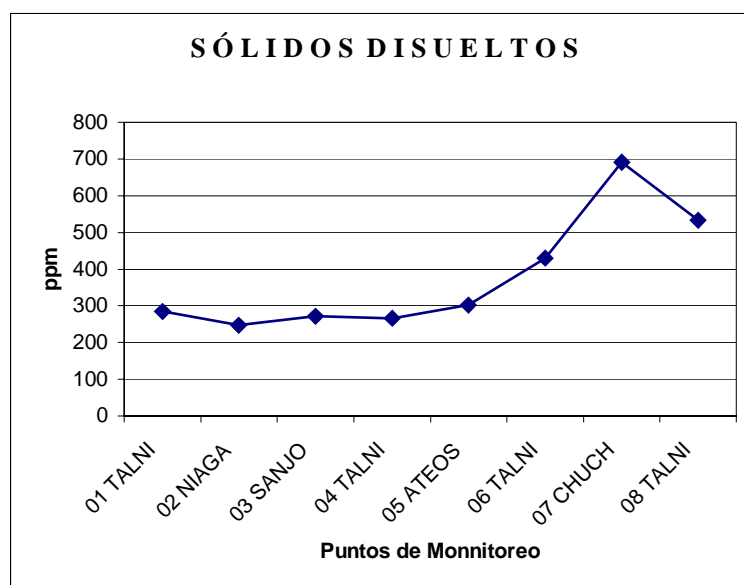
**Gráfico XXIIA**

Gráfico XXIIIA

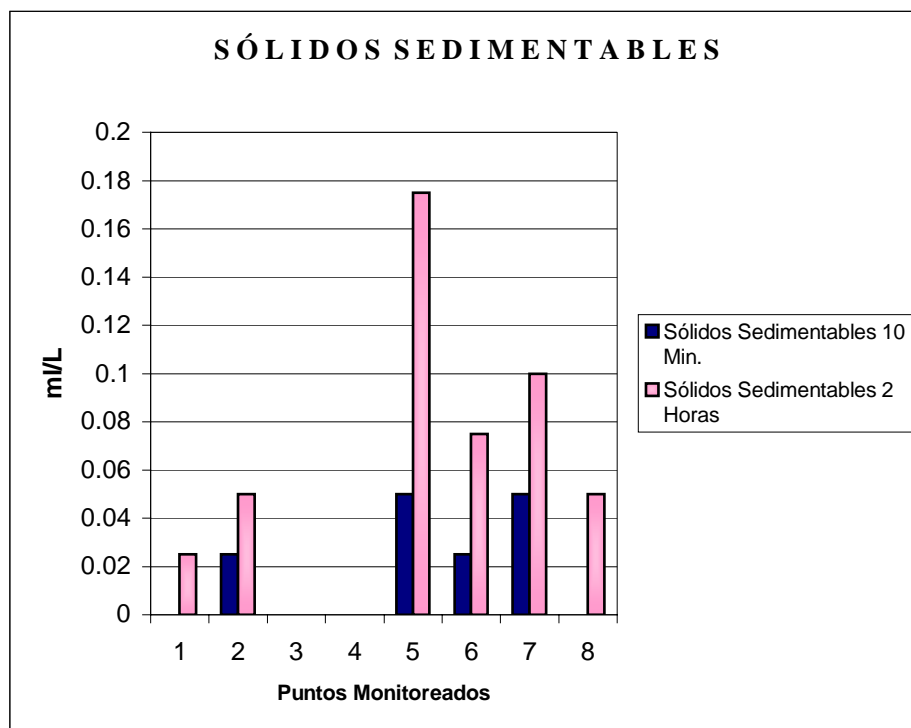
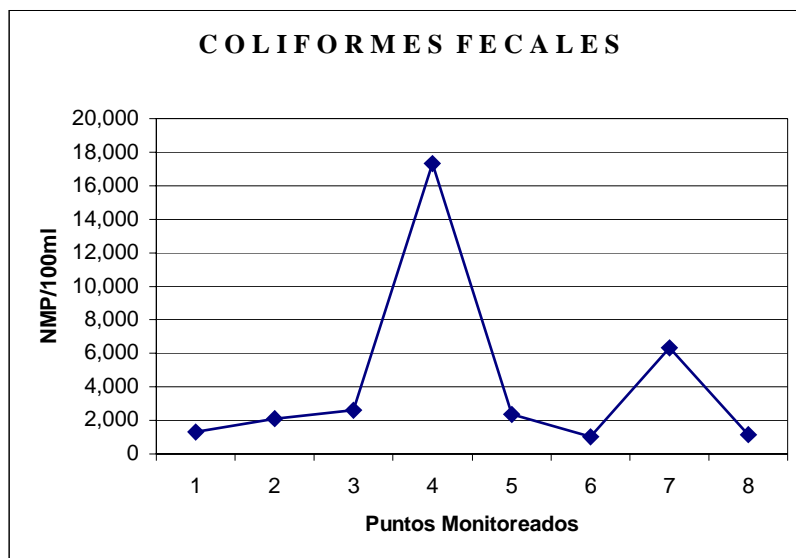
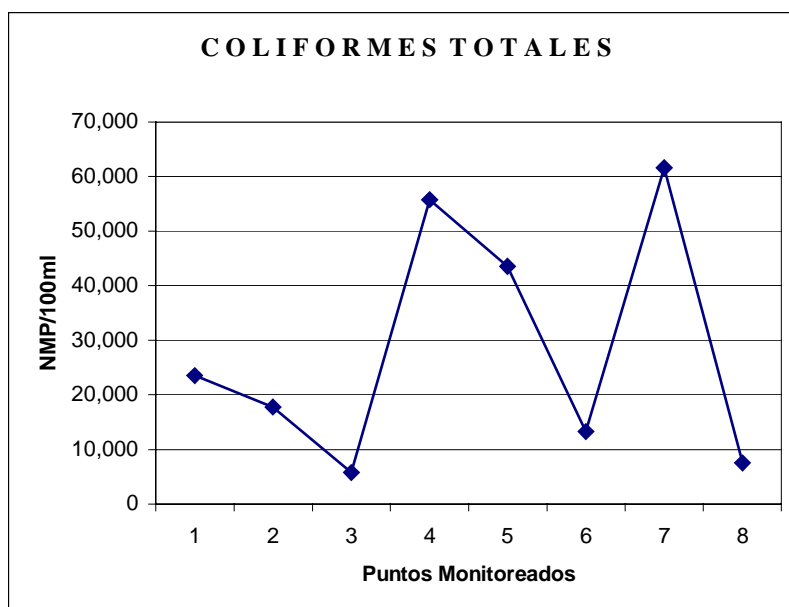


Gráfico XXIVA**Gráfico XXVA**

9. INTERPRETACION DE RESULTADOS DE ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO Y MICROBIOLÓGICO DE LA SUBCUENCA

Antes de la aplicación de los Índices de Calidad de Aguas para la evaluación de la contaminación del Río Talnique es conveniente llevar a cabo la interpretación individual de cada parámetro con el objeto de determinar si la pérdida en la calidad de éstas aguas se debe a un alto contenido de nutrientes, bajos niveles de oxígeno, excesiva contaminación bacteriana, etc. Es decir que este análisis nos permite visualizar el origen del deterioro del cuerpo de agua antes de una evaluación posterior donde se clasifica la misma.

Para la evaluación físico-química de la subcuenca, utilizaremos como herramienta la Propuesta de Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor NSR 13.07.03.00, a la que nos referiremos en adelante como “Norma del CONACYT”, considerando que no todos los parámetros evaluados están incluidos en la mencionada norma.

Otro aspecto a tomar en cuenta en esta evaluación es que los puntos de muestreo correspondientes al canal principal del Río Talnique son 01, 03, 04, 06, 08 y los de sus afluentes 02 (Río Niagara), 05 (Río Ateos) y 07 (Río Chuchucato), también estudiados por su efecto directo en la subcuenca.

TEMPERATURA DE LA MUESTRA:

Debido a la distribución geográfica de los puntos, las muestras fueron recolectadas en dos días (cada mes): en el primer día el orden de recolección era ascendente (del 01 al 04) y, en el segundo día se recolectaron en orden inverso

(del 08 al 05). Esto se observa claramente en el gráfico I.A, los valores más altos de Temperatura corresponden a los puntos 04, 05 y 06, ya que estos fueron monitoreados en horas pasados el meridiano, donde la temperatura ambiente es mayor y por lo tanto la temperatura de la muestra. El valor máximo de temperatura establecido por el CONACYT es de 35°C para vertidos de aguas residuales, por lo que los niveles de esta variable no son sobrepasados en ninguno de los ocho puntos monitoreados (Tabla 5).

pH:

La tendencia observada en el gráfico II.A es ascendente. Esto se debe a que, probablemente a medida que se sigue la trayectoria en los puntos de muestreo, no sólo los asentamientos rurales que provocan contaminación con detergentes son más grandes (04 y 05), sino además la subcuenca se encuentra mayormente expuesta al efecto ocasionado por los contaminantes de origen agrícola sobre todo el área del Distrito de Zapotitán, donde fertilizantes y abonos por su naturaleza química tienden a modificar los valores de pH, provocando mayor basicidad, lo cual se refleja sobre todo en los puntos 06, 07.

El punto 08 presenta una disminución en el valor de pH debido a que el río experimenta una leve autodepuración.

Todos los valores de pH obtenidos se encuentran dentro del rango permisible establecido por el CONACYT (5.5-9.0).

CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA

El gráfico III.A muestra que en los primeros 4 puntos de muestreo el contenido de sales inorgánicas es relativamente constante, ya que no se verifican variaciones drásticas en los resultados.

El incremento observado a partir del punto 05 muestra que la conductividad eléctrica va en aumento hasta el punto 08, lo cual se debe a que el arrastre y desprendimiento de suelos es más intenso por la actividad agrícola que se intensifica en la zona.

TURBIDEZ, COLOR Y SÓLIDOS SUSPENDIDOS

Debido a que estos tres parámetros se interrelacionan y presentan la misma tendencia en los gráficos, han sido analizados de manera conjunta.

En los gráficos IV.A (Turbidez), V.A (Color), VI.A (Sólidos Suspendidos) se observa que en los primeros 3 puntos la variación es mínima debido a la poca actividad antropogénica y agraria observada en dicha zona. A partir del punto 04 comienza a producirse un cambio que se hace más evidente en el punto 05, donde ya se percibe la influencia no exclusiva de la población rural y actividad agrícola sino también el efecto de industrias como la tenería ADOC y de las granjas aledañas que se presume responsables del cambio observado.

Sin embargo, los puntos 06, 07 y 08 muestran un descenso progresivo en los valores de turbidez, color y sólidos suspendidos ya que las industrias que depositan desechos en esta área no afectan estos parámetros, como observamos en el Cuadro 2.

El valor máximo aceptable de turbidez de acuerdo a la Norma del CONACYT establece que es de 100 NTU (equivalentes a 5.26 JTU). Los resultados obtenidos

en la investigación superan estos límites en todos los puntos de monitoreo (Tabla 5).

La concentración permisible por el CONACYT para sólidos suspendidos es 60 ppm. Este valor únicamente es sobrepasado en el punto de muestreo 05 (234 ppm).

CAUDAL

En el gráfico VII.A, se observa que el caudal en el Río Talnique va en aumento y el valor más alto corresponde al punto 06.

En las desembocaduras de los afluentes que corresponden a los puntos de monitoreo 02, 05, 07 los valores de caudal son intermedios en relación a los puntos iniciales (01,03), medios (04,06) y terminales (08) de la subcuenca del Río Talnique.

OXÍGENO DISUELTO (OD), DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO₅), DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO):

La tendencia general es descendente en el gráfico VIII.A (Oxígeno Disuelto), especialmente a partir del punto 04 donde comienzan a observarse los asentamientos humanos.

La eutroficación es un proceso que provoca la disminución del porcentaje de saturación de oxígeno en el agua, debido a que éste es consumido por la vegetación acuática. Los valores de OD son bajos por la notable influencia de este fenómeno en los puntos de monitoreo 05, 06, 07 y 08. Sin embargo solamente los puntos 06 y 07 no presentan la concentración de oxígeno disuelto requerido para el desarrollo de la vida acuática (5ppm).

Otro aspecto a considerar es la descarga de materia orgánica proveniente de desechos domésticos e industriales. Esto produce valores altos de DBO_5 (gráfico IX.A) y DQO (gráfico X.A). Los procesos de oxidación provocados por bacterias aeróbicas en presencia de materia orgánica hacen que el consumo de oxígeno sea mayor y que, por lo tanto la cantidad de oxígeno disponible en agua sea más baja. La Norma para Aguas Residuales del CONACYT establece que la DBO_5 no deberá ser mayor de 30 ppm (aguas domésticas) y de 60 ppm para DQO (aguas domésticas). La tabla 5 muestra que ninguno de los dos parámetros rebasa las concentraciones permitidas.

ALCALINIDAD:

Los valores obtenidos en los puntos de muestreo 04, 05, 06, 07, 08 son altos debido a la escorrentía agrícola y al arrastre de desechos producto de la actividad antropogénica, los cuales elevan el contenido de carbonatos, bicarbonatos e hidroxilos en el agua (2). (Gráfico XI.A).

DUREZA:

La tendencia observada en el Gráfico XII.A es básicamente ascendente, aunque en el punto 04 se da un descenso en los valores de dureza. En el punto de monitoreo 04, dominada por las actividades domésticas de la población del Cantón San José Los Sitios, las especies jabonosas reaccionan con los iones Ca^{+2} y Mg^{+2} para formar materiales insolubles (18), por lo que se presume que en este punto ya se han producido cambios químicos en el agua de la subcuenca y por esta razón los niveles de este parámetro se vean disminuidos en esta región.

A partir del punto de muestreo 05 encontramos valores más altos en las concentraciones de sales de Ca^{+2} y Mg^{+2} que son los componentes principales de la dureza.

El punto 07 (afluente Chuchucato), presenta el valor más alto para este parámetro, inducido por el aumento en la cantidad de vertidos industriales que contienen estos iones, los cuales son liberados sobre este cuerpo de agua.

Si relacionamos los valores correspondientes a los puntos 06 y 08 (canal principal del río Talnique), observamos que en este último se da un incremento en los niveles de dureza inducido por la carga contaminante proveniente del afluente 07, que consecuentemente no favorece la autodepuración en la estación 08.

NITRATOS:

El uso excesivo de fertilizantes de tipo orgánico puede inducir concentraciones altas de nitratos, sobre todo en el punto 01 que es área boscosa cafetalera donde, a pesar del empleo de abono orgánico, la mayor influencia sobre este contaminante se atribuye a la fertilización con sulfato de amonio y urea. El valor de éste parámetro disminuye en los siguientes puntos donde la influencia ya mencionada no es tan notoria. Si consideramos que la presencia de nitratos además puede asociarse a descargas contaminantes de origen orgánico es comprensible que en el punto 04, después del poblado San José Los Sitios, los valores de nitratos nuevamente suban.

Los desechos resultantes de la actividad de granjas aledañas al punto 05 provocan valores de nitratos significativos, pero inferiores al punto anterior.

La confluencia de aguas provenientes del Río Ateos (punto 05) con la corriente del Río Talnique y la incidencia de agroindustrias aledañas, son la causa más probable del incremento en los niveles de nitratos en el punto 06.

En las estaciones 07 y 08 se obtuvieron valores menores de nitratos con respecto al punto 06. Sin embargo, estos resultados son mayores que en la estación 05, lo que se explica por la actividad agrícola y el consiguiente uso de fertilizantes en la zona comprendida entre los últimos dos puntos de muestreo.

(Gráfico XIII.A)

NITRITOS:

Como observamos en el gráfico XIV.A, los valores de nitritos se mantienen relativamente constantes desde el punto 01 al 04.

La recepción de cargas contaminantes de nitritos en el río a partir de la estación 05, induce a niveles más altos, lo que puede deberse al igual que en el caso de los nitratos al empleo de fertilizantes en la región.

Después de la confluencia de los Ríos Ateos y Talnique en el punto 06 se produce un incremento drástico de este parámetro, lo que se presume sucede por efecto de la actividad del Distrito de Riego de Zapotitán.

NITRÓGENO AMONIACAL

Los valores correspondientes a los puntos 01, 03 y 08 presentan los niveles más bajos de esta variable (Gráfico XV.A).

El arrastre de residuos de fertilizantes producto de cultivos como el café (ver Cuadro 2) son probablemente la razón por la cual en el punto de muestreo 02, donde se ubican varios beneficios, hay un notable ascenso de este parámetro (como se mencionó anteriormente en el análisis de los Nitratos).

La degradación de desechos orgánicos es una de las fuentes de nitrógeno amoniacal (19). Esto explica el incremento que se produce a partir del punto 04 donde hay descargas domésticas y en el punto 05 que tiene la influencia de la actividad de granjas aledañas, si tomamos en cuenta que ambas fuentes de contaminación son ricas en materia orgánica.

Valores especialmente altos se reportan en los puntos 06 y 07, en el primero de éstos por el efecto provocado por industrias de lechería como Lácteos Finos y, en el segundo por la carga contaminante proveniente de residuos de maquilas de alimentos y agroindustrias descargados directamente sobre el afluente. El ciclo de degradación del nitrógeno convierte este elemento a otras formas como nitritos y nitratos (2) esto explica que los valores más altos de estos parámetros sean alcanzados en el punto 08, no obstante son los más bajos al evaluar la concentración de nitrógeno amoniacal.

FÓSFORO TOTAL Y FÓSFORO DE ORTOFOSFATOS

Tanto la gráfica XVI.A como la XVII.A muestran la tendencia de valores estables y relativamente bajos en los primeros tres puntos muestreados. Los niveles de fosfatos elevados en el punto 04 pueden deberse a la relación de estos compuestos con detergentes sintéticos empleados por los pobladores del cantón San José Los Sitios, área de la cuenca donde esta práctica es considerable.

Los resultados obtenidos en los puntos 06, 07, 08 pueden ser producto del arrastre de residuos fertilizantes no absorbidos por cultivos, estos valores, aunque más bajos que en el punto 04 son altos en relación al inicio de la subcuenca .

La máxima concentración fósforo total permitida por el CONACYT es de 3 ppm. El área que presenta problemas en referencia a esta variable es el punto 04 donde se supera el límite señalado anteriormente.

DETERGENTES:

El gráfico XVIII.A muestra una tendencia ascendente, principalmente en los primeros cuatro puntos de muestreo, en donde el valor más alto corresponde a la estación 04 debido al predominio de las actividades de lavado de ropa y aseo personal.

En el punto 06 se alcanza un valor similar al obtenido en el punto 04, a pesar de la disminución que presenta el afluente 05.

La leve autodepuración alcanzada en el punto 08 se debe a la dilución que ocurre al incorporar la carga baja de detergentes del afluente 07 en el último punto de la subcuenca, por lo que aun cuando el río no llegue a los niveles más bajos al final de su cauce, este parámetro sí alcanza niveles inferiores al valor más alto observado en el 04.

Cabe mencionar que a pesar de las variaciones extremas reportadas, ninguno de los puntos de muestreo sobrepasa el límite máximo admisible por la Norma del CONACYT (2 ppm).

CLORUROS:

Los niveles de cloruros en los puntos de muestreo 01,02, 03 y 04 observados en el gráfico XIX.A, se mantienen relativamente invariables. Estos niveles comienzan a incrementarse a partir del punto 05 hasta el valor máximo en el punto 07, donde la influencia de desechos por la presencia de numerosas industrias esta afectando este parámetro.

En el punto 08 se da una disminución en los niveles de este parámetro en relación al punto 07. Aun así, la influencia producida por la carga de cloruros en éste punto no permite que la calidad del río en relación a este parámetro se recupere en el punto 08.

Un rango más amplio es permitido para evaluar la contaminación en aguas superficiales por este parámetro por lo que ninguno de los puntos muestreados sobrepasa las 500 ppm establecidas en la Norma del CONACYT.

GRASAS Y ACEITES:

El gráfico XX.A (en relación a la distribución geográfica de la subcuenca), muestra que las descargas domésticas son la principal causa del deterioro de la calidad del agua en lo que respecta a la influencia de este parámetro en las estaciones analizadas.

En los tres primeros puntos existe una menor actividad antropogénica que pueda producir desechos que afecten los niveles de grasas y aceites, a diferencia del punto 04, en el cual se han obtenido los más altos valores de este parámetro, donde los usos domésticos del agua son mayores por el poblado de San José Los Sitios lo cual establece una relación directa entre el contenido de grasas y aceites y los grupos poblacionales grandes.

Es evidente que a pesar de la posible influencia ocasionada por las granjas e industria lechera cercanas a los puntos 05 y 06 respectivamente no se reportan valores de grasas y aceites superiores al punto 04, aún en el punto 07 que es el receptor de la carga industrial más alta y el punto 08 que recibe la influencia del afluente 07.

SÓLIDOS TOTALES Y DISUELTOS

La tendencia observada en el gráfico XXI.A (Sólidos Totales) y en el XXII.A (Sólidos Disueltos) es ascendente. Es probable que la diferencia entre ambos gráficos en el punto 05 se deba a que los sólidos disueltos ejercen una escasa influencia sobre los sólidos totales en comparación con el efecto causado por la concentración de sólidos suspendidos (gráfico VI.A) y es por esta razón que el gráfico XXI.A muestra la desviación ascendente en la misma estación de muestreo.

El valor máximo que muestran los gráficos XXI.A y XXII.A corresponde al punto 07, donde el drenaje de riego y la depósito de desechos producto de prácticas industriales es marcada.

SÓLIDOS SEDIMENTABLES:

En el gráfico XXIII.A puede notarse que los puntos de monitoreo 01 y 02 presentan un nivel considerable en lo que respecta a los sólidos sedimentables a las 2 horas, debido a que esta zona tiene la influencia de los beneficios cafetaleros cuyos desechos incluyen partículas orgánicas de tamaño considerable. En el caso de sólidos sedimentables a los 10 minutos, por tratarse de partículas más grandes que las ya mencionadas, son menos abundantes en el punto de monitoreo 01, ya que sólo existe un beneficio que afectarlo a diferencia del punto 02, donde el número de éstos asciende a tres.

En los puntos de muestreo 03 y 04 no se encontraron residuos mayores de 10 micras, muy probablemente por la baja influencia de trabajos agrícolas en la zona.

La actividad agroindustrial (granjas) es alta en la estación 05, por lo que los sólidos sedimentables a los 10 minutos y a las 2 horas presentan los valores más elevados.

El efecto producido por el labrado de suelos en el área del Distrito de Riego de Zapotitán (puntos 06, 07 y 08) hace que los niveles de este parámetro sean considerables, pero no tan marcados como en el punto 05. Teniendo en cuenta la autodepuración en el punto 08 en relación a la estación 07 se eliminan totalmente los valores de sólidos sedimentables a los 10 minutos y disminuye los niveles de sólidos sedimentables a las 2 horas.

El valor de 1 ml/L es el límite máximo admisible por la Norma del CONACYT, el cual no es superado en ninguno de los puntos monitoreados.

Sólidos Sedimentables, Sólidos Totales, DBO₅ y DQO.

Estos parámetros no muestran cambios significativos en los primeros 4 puntos, lo que se presume se debe a que los residuos sólidos tanto orgánicos como inorgánicos no alcanzan valores lo suficientemente altos como para modificar la composición del agua en los puntos siguientes (05-08). Los desechos industriales que ingresan al caudal del río ascienden al igual que los valores reportados en las gráficas (IX, X, XI y XII), sin sobrepasar los valores permisibles por la norma del CONACYT. No obstante, tanto sólidos totales como sólidos sedimentables presentan un descenso en el punto 06, cambio que no se manifiesta en los datos de DBO y DQO.

COLIFORMES FECALES Y TOTALES:

Todos los puntos de muestreo, sin excepción presentan contaminación microbiana proveniente de Coliformes fecales y Totales.

En las primeras cuatro estaciones se observa que los niveles de Coliformes fecales están en aumento, lo cual es más notorio en el punto 04. Recordemos que este tipo de microorganismos habitan naturalmente en el intestino humano y animal, por lo que el punto 04 presenta los mayores niveles de este parámetro, cuya evidencia se muestra en la gráfica XXIV.A, debido a la carga de los desechos producidos por los pobladores del Cantón San José Los Sitios.

Los valores observados en los puntos 05,06 y 08 se deben a las actividades agrícolas y a los desechos de las agroindustrias cercanas a la zona. Estos niveles no son tan drásticos en relación al punto 04, pero sí son significativos.

La mayor carga contaminante proveniente de los desechos industriales de las fábricas aledañas al afluente del punto 07 es la causa principal del valor alto de los Coliformes fecales en la estación.

Al observar los valores de Coliformes Totales (gráfico XXV.A), solamente los puntos 03 y 08 podrían considerarse predominantemente de origen fecal, haciendo una comparación con los niveles de Coliformes fecales. Si observamos los valores de los puntos 05 y 07, por la fuente de contaminación que representan, podemos afirmar que los valores de Coliformes fecales con respecto a los Coliformes totales no son los más altos, considerando de esta forma que la naturaleza de la contaminación provocada por estos microorganismos no es estrictamente fecal.

CUADRO 2 : CAUSAS DE DAÑO AL RECURSO HÍDRICO DEL RÍO TALNIQUE

Parámetros de Medición Común	Fuente de Aguas Residuales	Posible Origen Asociado a la Contaminación	Estación de Muestreo Mayormente Afectada	Efecto Sobre la Calidad del Agua
Temperatura	Descargas Industriales y Domésticas	Cantón San José Los Sitios, Cultivos de maíz y caña del Distrito del Valle de Zapotitán	04, 05, 06	Menor capacidad de absorción de oxígeno
Conductividad Eléctrica, Sólidos Disueltos	Drenaje de Riego y Escorrentía Agrícola	Cultivos de maíz y caña del Distrito del Valle de Zapotitán. Fábricas Eureka y Prefasa, Moore y El Surco, Criaves, Del Tropic Food.	05, 07	Elevado contenido de sales
Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Fósforo Total, Fósforo de Ortofosfato	Fertilizantes inorgánicos, escorrentía agrícola y urbana, descargas industriales, procesamientos de alimentos	Beneficios La Quebrada, El Niagara, El Chagüite, El Paraíso. Cultivos de maíz y caña del Distrito de Zapotitán, Cantón San José Los Sitios, Fábrica "Del Tropic Food", Lácteos Finos.	01,04,06,07	Eutroficación, Reducción de oxígeno disuelto
Fósforo Total, Fósforo de Ortofosfato, Detergentes	Fertilizantes Inorgánicos, desechos domésticos, agentes de limpieza	Cantón San José Los Sitios, Cultivos de maíz y caña del Distrito de Zapotitán. Fábricas aledañas al Río Chuchucato.	04,06,07,08	Eutroficación, interferencia en el proceso de autodepuración de grasas y aceites.
Oxígeno Disuelto, DBO, DQO	Residuos de mataderos, descargas industriales, operaciones de lechería, procesamiento de alimentos.	Cantón San José Los Sitios, Lácteos Finos, Eureka y Prefasa, Moore y El Surco, Criaves, Del Tropic Food	04,05,06,07,08	Desoxigenación, alto contenido de materia orgánica degradable
Alcalinidad, pH, Cloruros	Descargas industriales, escorrentía agrícola y urbana, erosión de depósitos naturales.	Cultivos de maíz y caña del Distrito de Zapotitán, Cantón San José Los Sitios, Lácteos Finos, Eureka y Prefasa, Moore y El Surco, Criaves, Del Tropic Food.	04,05,06,07,08	Salinidad, Cambios en el sabor.
Sólidos Totales, Disueltos, Suspendidos, Turbidez, Color.	Residuos orgánicos, desechos industriales (tenerías) y domésticos, escorrentía agrícola.	Cantón San José Los Sitios, Tenería Adoc. Industrias cercanas al Río Chuchucato. Granjas San Jorge y Santa Inés, Sello de Oro.	04,05,06,07	Menor apreciación estética, penetración de luz reducida, menor fotosíntesis, alteración de la población acuática.
Sólidos Sedimentables	Erosión por cultivo intensivo, especialmente en terrenos frágiles.	Cultivos de maíz y caña del Distrito del Valle de Zapotitán.	05,06,07	
Dureza	Desechos por elaboración de concentrados, erosión de depósitos naturales.	Cantón San José Los Sitios, Fábricas Moore y El Surco.	03,04,05,07	Saponificación, Formación de materiales insolubles.
Grasas y Aceites	Descargas domésticas e industriales, operaciones de lechería, residuos de mataderos.	Cantón San José Los Sitios, Lácteos Finos, Industrias aledañas al Río Chuchucato.	04,06,07,08	Favorece la saponificación y la emulsificación. Producción de olores desagradables, menor apreciación estética.
Coliformes Fecales y Totales	Descargas domésticas, residuos de mataderos	Cantón San José Los Sitios, Granjas San Jorge y Santa Inés, Sello de Oro y la Tenería ADOC. Fábricas cercanas al afluente Chuchucato	04,05,07	Deterioro de la Calidad Sanitaria (peligro para la salud en el consumo y contacto por el hombre).

10. DATOS EXPERIMENTALES PARA DETERMINACIÓN DE

ICAs

PUNTO DE MUESTREO: 01 TALNI

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		27/03/01	18/04/01	23/05/01	21/6/2001
Hora Toma de Muestra		9:00 A.M.	8:35 A.M.	9:20 A.M.	8:40 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	20.3	22.9	22.7	22.8
Temperatura Ambiente	°C	32.0	29.0	28.5	28.5
Desviación de Temperatura	°C	11.7	6.1	5.8	5.7
pH	unidades pH	7.17	7.72	7.11	7.68
Turbidez	JTU	8	3	7	278
Oxígeno Disuelto	ppm	7.23	7.61	6.24	6.34
Saturación OD	%	80	89	73	74
Nitratos	ppm	25.75	29.44	28.30	21.00
DBO5	ppm	7	3	2	4
Fósforo Total	ppm	1.44	0.98	1.06	2
Sólidos Totales	ppm	276	288	294	388
Coliformes Fecales	NMP/100mL	150	240	2400	2400

5.26 JTU (unidades utilizadas para el cálculo del ICA) son equivalentes a 100 NTU

PUNTO DE MUESTREO: 02 NIAGA

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		27/03/01	18/04/01	23/05/01	21/06/01
Hora Toma de Muestra		10:20 A.M.	9:20 A.M.	10:30 A.M.	9:10 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	19.8	22.4	22.7	22.9
Temperatura Ambiente	°C	30.0	30.0	28.0	28.5
Desviación de Temperatura	°C	10.2	7.6	5.3	5.6
pH	unidades pH	7.24	7.42	7.2	7.51
Turbidez	JTU	4	2	6	79
Oxígeno Disuelto	ppm	7.11	7.27	6.34	6.64
Saturación OD	%	78	83	74	78
Nitratos	ppm	22.35	10.00	27.20	16.70
DBO5	ppm	8	2	2	2
Fósforo Total	ppm	0.87	1.01	1.06	0.88
Sólidos Totales	ppm	248	268	264	282
Coliformes Fecales	NMP/100mL	2400	2400	2100	1500

PUNTO DE MUESTREO: 03 SANJO

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		27/03/01	18/04/01	23/05/01	21/6/2001
Hora Toma de Muestra		11:45 .M.	10:55 A.M.	11:55 A.M.	11:45 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	23.9	24.6	24.9	25.6
Temperatura Ambiente	°C	33.0	32.0	30.5	30.5
Desviación de Temperatura	°C	9.1	7.4	5.6	4.9
pH	unidades pH	7.41	7.68	7.09	7.63
Turbidez	JTU	17	13	16	136
Oxígeno Disuelto	ppm	7.54	6.02	6.36	6.0
Saturación OD	%	90	73	77	74
Nitratos	ppm	14.05	9.15	26.65	19.25
DBO ₅	ppm	7	2	2	4
Fósforo Total	ppm	1.01	1.05	0.84	0.90
Sólidos Totales	ppm	274	284	278	330
Coliformes Fecales	NMP/100mL	43	93	930	9300

PUNTO DE MUESTREO: 04 TALNI

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		27/03/01	18/04/01	23/05/01	21/6/2001
Hora Toma de Muestra		1:20 P.M.	12:40 P.M.	1:05 P.M.	1:15 P.M.
Temperatura de Muestra	°C	28.8	29.6	27.9	31.8
Temperatura Ambiente	°C	34.0	32.0	32.5	33.0
Desviación de Temperatura	°C	5.2	2.4	4.6	1.2
pH	unidades pH	7.32	7.55	7.05	7.72
Turbidez	JTU	33	18	12	254
Oxígeno Disuelto	ppm	6.81	6.52	6.88	5.20
Saturación OD	%	89	86	88	71
Nitratos	ppm	17.25	31.65	32.20	16.30
DBO ₅	ppm	11	3	1	5
Fósforo Total	ppm	1.19	1.40	35.38	0.86
Sólidos Totales	ppm	266	270	264	410
Coliformes Fecales	NMP/100mL	9300	21000	15000	24000

PUNTO DE MUESTREO: 05 ATEOS

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		29/03/01	19/04/01	24/05/01	22/6/2001
Hora Toma de Muestra		12:55 P.M.	12:55 P.M.	1:10 P.M.	12:35 P.M.
Temperatura de Muestra	°C	26.9	26.9	27.8	26.8
Temperatura Ambiente	°C	34.0	32.0	32.5	31.0
Desviación de Temperatura	°C	7.1	5.1	4.7	4.2
pH	unidades pH	7.74	7.73	7.47	7.08
Turbidez	JTU	7	8	4	999
Oxígeno Disuelto	ppm	6.69	5.31	4.81	4.41
Saturación OD	%	84	67	62	55
Nitratos	ppm	18.50	21.25	11.20	25.60
DBO ₅	ppm	9	4	1	4
Fósforo Total	ppm	1.67	0.95	1.27	0.96
Sólidos Totales	ppm	383	364	316	1108
Coliformes Fecales	NMP/100mL	900	1500	2400	4600

PUNTO DE MUESTREO: 06 TALNI

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		29/03/01	19/04/01	24/05/01	22/6/2001
Hora Toma de Muestra		11:05 A.M.	11:35 A.M.	12:05 P.M.	11:20 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	28.1	27.7	28.1	26.4
Temperatura Ambiente	°C	33.0	31.0	32.0	30.5
Desviación de Temperatura	°C	4.9	3.3	3.9	4.1
pH	unidades pH	7.67	7.81	7.44	7.36
Turbidez	JTU	18	3	4	496
Oxígeno Disuelto	ppm	5.58	5.98	3.74	3.90
Saturación OD	%	71	77	48	48
Nitratos	ppm	20.75	23.50	24.45	31.00
DBO ₅	ppm	8	7	1	6
Fósforo Total	ppm	2.29	2.00	1.89	1.71
Sólidos Totales	ppm	558	486	402	506
Coliformes Fecales	NMP/100mL	150	930	1500	1500

PUNTO DE MUESTREO: 07 CHUCH

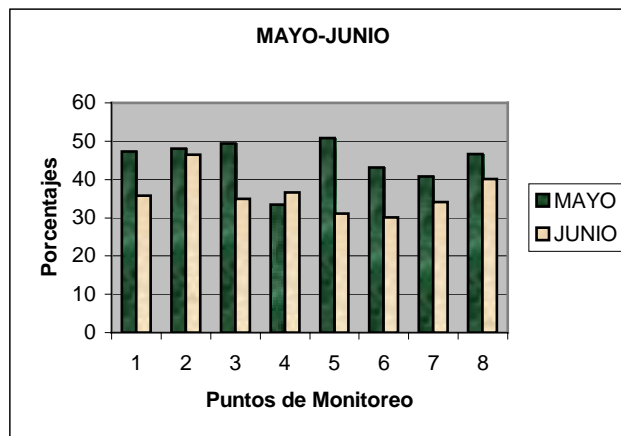
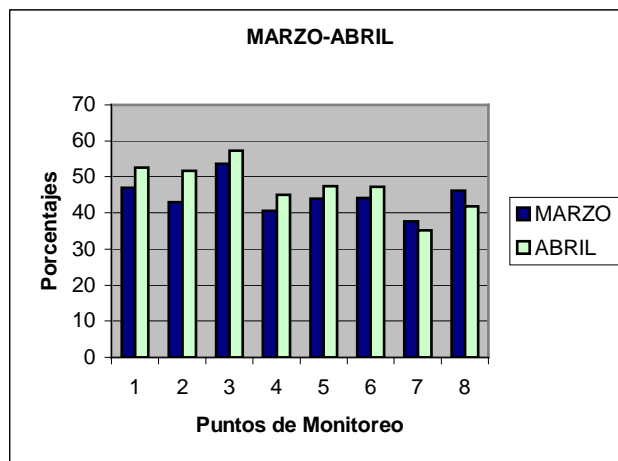
Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		29/03/01	19/04/01	24/05/01	22/6/2001
Hora Toma de Muestra		10:10 A.M.	10:10 A.M.	10:40 A.M.	10:05 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	25.6	25.9	27.6	25.7
Temperatura Ambiente	°C	30.0	30.0	31.5	29.0
Desviación de Temperatura	°C	4.4	4.1	3.9	3.3
pH	unidades pH	7.78	7.86	7.53	7.71
Turbidez	JTU	13	7	11	90
Oxígeno Disuelto	ppm	4.24	4.15	4.89	4.48
Saturación OD	%	52	51	62	55
Nitratos	ppm	14.65	25.85	14.70	30.40
DBO5	ppm	10	10	1	2
Fósforo Total	ppm	2.51	2.25	1.98	1.42
Sólidos Totales	ppm	829	742	720	568
Coliformes Fecales	NMP/100mL	933	2400	11000	11000

PUNTO DE MUESTREO: 08 TALNI

Parámetros	Unidad	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
Fecha de Muestreo		29/03/01	19/04/01	24/05/01	22/6/2001
Hora Toma de Muestra		8:30 A.M.	8:50 A.M.	9:20 A.M.	8:50 A.M.
Temperatura de Muestra	°C	22.6	22.7	25.9	24.9
Temperatura Ambiente	°C	29.0	28.0	29.0	27.0
Desviación de Temperatura	°C	6.4	5.3	3.1	2.1
pH	unidades pH	7.51	7.44	7.65	7.53
Turbidez	JTU	19	2	7	91
Oxígeno Disuelto	ppm	5.21	5.92	4.87	4.50
Saturación OD	%	61	69	60	55
Nitratos	ppm	14.80	22.00	16.80	26.75
DBO5	ppm	9	7	3	4
Fósforo Total	ppm	2.26	1.82	2.31	1.64
Sólidos Totales	ppm	367	616	494	406
Coliformes Fecales	NMP/100mL	93	1500	1500	1500

PORCENTAJES ICAS

PUNTOS DE MONITOREO	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	47.02	52.59	47.28	35.73
2	42.91	51.73	48.02	46.44
3	53.67	57.34	49.43	35.01
4	40.65	45.11	33.45	36.58
5	43.98	47.47	50.86	31.09
6	44.16	47.28	43.2	30.07
7	37.69	35.14	40.8	34.08
8	46.16	41.73	46.66	40.14



10.1 ANÁLISIS DE RESULTADOS DE ICA

Para establecer una comparación entre las estaciones climáticas verificadas en el país durante el año, se discutirán los resultados obtenidos durante los meses de marzo, abril, mayo y junio. Siendo los dos primeros los representativos de la época seca y los últimos dos los correspondientes a la época de lluvias.

Debido a los cambios climáticos experimentados en el año en curso, en el cual se verificó un retraso en la llegada de la estación lluviosa, los datos obtenidos en los sitios de monitoreo durante los meses de mayo y junio difieren entre sí, siendo este último mes el más representativo de la época lluviosa.

Punto 01

- Esta estación se encuentra ubicada a 3 kms del nacimiento de agua del río, a pesar de que su contenido contaminante ya sea de origen orgánico, biológico y mineral no es elevado en relación a otros puntos, su porcentaje de calidad corresponde en los meses de marzo y abril a 47.02% y 52.59% respectivamente lo cual se encuentra en ventaja con los puntos siguientes de la cuenca. En el mes de marzo, de acuerdo al Cuadro 1 que especifica los usos según los porcentajes obtenidos mediante la fórmula de Brown, la utilización del recurso como agua de bebida habría sido dudosa en tanto que para el mes de abril habría sido posible potabilizar dichas aguas utilizando tratamientos intensivos y de purificación.

Si analizamos la utilización de esta agua para fines recreativos tendremos que en el mes de marzo debido a su calidad, el contacto directo con esta agua es dudoso pero en el siguiente mes mejora volviéndose aceptable aun en aguas como esta que se encuentran en vías de contaminación.

Tomando en cuenta la calidad de esta agua para la actividad piscícola tendremos como resultado que el medio acuático favorece el desarrollo de peces toscos y poco sensibles a contaminantes.

Además para uso industrial y riego de los cultivos, durante el mes de marzo hubiera sido necesario el tratamiento del agua del río, no así en el mes de abril en donde emplear estas aguas para los mismos fines sin ningún tratamiento era posible.

Por sus niveles de contaminación habría de ser utilizada sin inconveniente alguno en ambos meses para navegación y transporte de desechos ya tratados.

Es notorio que la calidad del agua de la subcuenca en este período experimenta el influjo ocasionado por la actividad industrial y antropogénica, pero moderadamente por las prácticas agrícolas de la zona en especial de los beneficios de café, cuyo accionar es nulo durante esta época del año.

- En lo que respecta a la estación lluviosa, existe poca concordancia entre los meses de mayo y junio, con valores de 47.58% y 35.73% respectivamente.

Si consideramos que el volumen de agua proveniente de las lluvias verificadas en ese período es mayor en el mes de junio, se deduce que los cambios físicos y químicos que afectan al cuerpo acuático son producto de la escorrentía y el deslave que, como consecuencia trae el acumulo de nutrientes y residuos sólidos inertes, afectando así la calidad del agua en esta zona.

En el mes de mayo los usos que pueden hacerse del recurso hídrico son los mismos que se aplican para el mes de marzo, debido a que el reporte de calidad del agua en ambos meses es similar. Por otro lado, para el mes de junio se categorizan los usos de diferente manera haciendo su disposición libre para transporte de desechos ya tratados y navegación. Si desea destinarse a usos más

específicos como riego y agua para industrias se requerirán tratamientos extensivos. Aquellas actividades que demanden mejor calidad por el carácter sanitario del agua como el desarrollo de peces, aguas de recreación, y agua de consumo humano esta agua es de uso riesgoso aún después de procesos de tratamiento.

Punto 02:

- En este afluente se obtuvieron valores de 42.91% para el mes de marzo y 51.73% en el mes de abril. El caudal de dicho afluente es inferior al del río Talnique al menos en su primer punto, esto hace que esta sección del afluente posea menor capacidad autodepurante, debido a que el agua fluye a menor velocidad con respecto al área del afluente. Se da una baja oxigenación ya que la caída y el golpeteo es menor en dichas aguas. Además en esta sección comienzan a observarse pequeños asentamientos rurales, que incrementan los niveles de Coliformes fecales, lo cual hace que los valores del índice de calidad del agua sean inferiores que en el punto 01.

Ya que los porcentajes obtenidos aplicando la fórmula de Brown caen dentro de los rangos de 40 y 50% al igual que el punto 01, los usos propuestos, de acuerdo al Cuadro 1 para las aguas del río afluente Niagara en la estación seca, serán equivalentes a los planteados para el punto 01 en el río Talnique de la misma estación.

- Para la estación lluviosa en los meses de Mayo 48.02% y junio 46.44% la calidad refleja una caída con respecto al mes de abril, de un nivel de porcentaje del 50% a el 40% este cambio no es lo suficientemente drástico para calificar el agua dentro de valores más bajos a los reportados en la estación seca obtenidos

en el mes de marzo, esto facilita que la asignación de usos en los meses de mayo y junio sea la misma que en el mes de marzo.

Punto 03:

- A este punto, ubicado a 7 kms del origen del río Talnique, se le atribuyen los caracteres de calidad más altos a lo largo de la subcuenca durante el período correspondiente a la época seca que son 53.67% (marzo) y 57.34% (abril).

El efecto antropogénico que afecta a esta área no es principalmente producto de la actividad doméstica, sino levemente agrícola, ya que en la zona se ubican algunos cultivos de granos básicos.

Haciendo referencia al Cuadro 1, debemos considerar que las aguas superficiales en este tramo del río solamente pueden ser consumidas después de ser expuestas a tratamientos de potabilización, aún cuando los valores de calidad encontrados sean los mejores a lo largo de la subcuenca en la época seca.

Para fines recreativos esta agua no genera dificultades en su contacto directo ya que la carga contaminante todavía lo permite.

El desarrollo de peces solo será posible cuando estos tengan baja sensibilidad a los niveles de contaminantes presentes en este punto del río.

Aquellas industrias que no requieran el agua para la elaboración de alimentos podrán utilizarla sin tratamiento previo y de igual manera se permitirá su uso en la mayoría de cultivos.

Las aguas en esta estación podrán manejarse sin ninguna restricción en el caso de navegación y para el transporte de desechos ya tratados.

- La calidad decae en la estación lluviosa con respecto a la estación seca en los meses de mayo 49.43% y junio 35.01%, como ya se mencionó, por el arrastre de residuos de los cultivos existentes en el área.

Recurriendo al Cuadro 1, tenemos que los usos designados para el cuerpo receptor en esta época serán los mismos que corresponden al punto 01 en la estación lluviosa.

Punto 04

- Teniendo en cuenta que los niveles de calidad en aguas superficiales decaen a medida que se avanza en el curso de las mismas, aplicaremos el mismo conocimiento para el análisis de la subcuenca en estudio. Los niveles de calidad en el mes de marzo son de 40.65% y 45.11% en el mes de abril. En este punto es evidente la influencia de los pobladores del cantón San José Los Sitios, quienes producen desechos de origen doméstico, compuestos principalmente por coliformes fecales, materiales orgánicos biodegradables y algunos compuestos fosforados (provenientes de detergentes), los cuales generan un cambio en la calidad del agua que se observa en el descenso de los porcentajes de calidad del punto 03 en donde la contaminación antropogénica no es tan marcado en relación al punto 04 donde si lo es.

Los usos propuestos para este tipo de aguas son dudosos para su consumo y para el contacto directo en actividades recreativas.

En cuanto a las especies animales que en esta parte de la subcuenca se desarrollan se han considerado a los peces toscos, es decir aquellos que son más tolerantes a un hábitat donde existe un considerable grado de contaminación.

El tratamiento debe ser extensivo si el recurso se destina para usos agrícolas e industriales.

Los niveles de calidad de aguas en este punto de muestreo revelan que no existe restricción alguna para su uso en navegación y transporte de desechos ya tratados.

- Las aguas del río, durante la época lluviosa, muestran un descenso de calidad del agua con respecto a la estación seca. El Índice de calidad del agua obtenido en el mes de mayo es de 33.45% y en junio es de 36.58%.

El arrastre de sedimentos acumulados en verano es la probable causa de esta condición en las aguas, donde al lavarse las tierras inmediatas aumenta la concentración de contaminantes.

Según el Cuadro de Brown, estas aguas pueden destinarse para navegación y transporte de desechos con tratamiento previo.

Si se requieren usos industriales y de riego, deberá aplicarse tratamiento extensivo anterior a su uso.

Su nivel de contaminación hace inaceptable sus usos para el desarrollo de vida piscícola, agua de bebida, o actividades recreativas.

Punto 05

- Los índices de calidad obtenidos en este afluente son de 43.98% y 47.47% para marzo y abril respectivamente.

En este punto de monitoreo, la calidad del agua se ve influida, sobre todo por residuos orgánicos que provienen de las granjas aledañas.

Este afluente puede utilizarse durante la época seca para los mismos fines que las aguas del punto 04 en la misma época.

- Una variación inusual ocurre entre los meses de la época de lluvias pues de un nivel de mejor calidad (Mayo: 50.86%), pasa a otro de inferior calidad (Junio: 31.09%). Es de considerar las variables que afectan las fuentes contaminantes puntuales antes mencionadas como la hora, el día y las condiciones ambientales en las que se tomaron las muestras ya que esto reflejará la actividad generada en el afluente el día en que la muestra fue recolectada, sobre todo cuando los resultados no muestren una tendencia lógica. Este hecho puede ocurrir en cualquier punto de monitoreo en una cuenca o subcuenca durante su evaluación (23).

De acuerdo al cuadro de Brown se proponen los siguientes usos en el mes de mayo: como agua de bebida, siempre y cuando se apliquen tratamiento y purificación intensivos. En fines recreativos y como medio para el desarrollo de vida piscícola, puede utilizarse el recurso cuando el grado de contaminación sea moderado, como es el caso. Puede aplicarse libre uso en riego, industria, transporte de desechos ya tratados y navegación.

La disminución de la calidad en el mes de junio propone usos más restringidos, ya que declara inaceptable el recurso en suministro de bebida, agua para recreación, protección para fauna acuática. Agua destinada a usos industriales y agrícolas requerirá tratamiento extensivo previo. Para el caso de navegación y transporte de desechos ya tratados no existe restricción alguna en su uso, según el Cuadro 1.

Punto 06

- La descarga del afluente Ateos (punto 05) sobre las aguas del río Talnique, estabilizan en cierta medida, el nivel contaminante acumulado en el punto 04 por lo que los índices para marzo y abril en la estación de monitoreo 06 son de 44.16% y 47.28% respectivamente similares a los obtenidos en el afluente 05.

A pesar de que la presencia de fuentes contaminantes cercanas a este sector de la subcuenca, no se intensifican los valores contaminantes que afectan los niveles de calidad. Aunque los valores de coliformes fecales son más bajos en relación a la estación 04 y 05, la contaminación por materia orgánica biodegradable afecta en alguna medida, la calidad del recurso.

Al igual que los puntos 04 y 05 (durante la época seca), se aplicarán los mismos usos al punto 06.

- El porcentaje de calidad disminuye desde el mes de mayo (43.20 %) a junio (30.07%) con el incremento de la lluvias las cuales modificaron la composición de las aguas por el aumento de la turbidez y sólidos disueltos.

Los usos corresponden a los asignados a los puntos 01 y 03 de la estación lluviosa. Esta relación se explica por que estos puntos pertenecen al cauce principal del río Talnique y aunque sus fuentes contaminantes varíen en su trayecto, su naturaleza, capacidad de dilución y autodepuración es relativamente estable.

Punto 07

- El punto 07, correspondiente al río afluente Chuchucato es la que presenta los valores de 35.14% (marzo) y 37.69% (abril) que son los más bajos en calidad de aguas para este periodo del año. Este cuerpo receptor es el que resulta

mayormente afectado por descargas directas de diversas industrias cercanas a la zona.

Además, el deterioro de la calidad de las aguas del afluente podría resultar como consecuencia de los residuos que se producen por los cultivos existentes en esta zona del Distrito de Zapotitán.

Los porcentajes obtenidos provocan que los usos a los que se puede destinar este cuerpo de agua sean limitados. Al hacer referencia al Cuadro 1, se aplican los valores correspondientes al 30% obtenida de acuerdo a la fórmula de Brown, los cuales son únicamente aceptables para navegación y transporte de desechos ya tratados e inaceptables para utilizarse como agua de bebida, para protección de la vida piscícola y recreación (sólo apto para navegación no para contacto directo); debe realizarse un tratamiento extensivo para las industrias mayoritarias si se desea aplicar un uso industrial o agrícola.

- Durante el invierno los valores porcentuales bajan a 40.80% en mayo y a 34.08 % en junio, esto restringe los usos de la subcuenca de un mes a otro. Es de notar que aunque ambos meses se encuentren en categorías diferentes de la clasificación de la calidad de aguas (Cuadro 1), la variación no afecta los usos que no requieren porcentajes indicadores de aguas con bajo grado de contaminación como navegación, transporte de desechos ya tratados, agricultura e industria, ya que estas aplicaciones son iguales en ambas categorías.

Por otro lado, los cambios en la utilización del agua se manifiestan en actividades que afectan la salud como el uso en agua de bebida y recreación que para el mes de mayo son dudosos aun después de ser sometida a tratamiento, en cambio para el mes de junio son definitivamente inaceptables. Otra variación se da en el uso de agua para el desarrollo de la fauna acuática ya que en mayo solamente

pueden sobrevivir peces toscos, pero en junio es difícil el crecimiento de cualquier clase de pez.

Punto 08

- Los niveles de calidad antes de la desembocadura del río Talnique al río Sucio en la estación seca se encuentran entre 46.16% y 41.73% en los meses de marzo y abril respectivamente, niveles que aun con una apreciable concentración de contaminantes se mantienen equilibrados en relación a la estación 06 del mismo río, lo cual indica presumiblemente que la carga del afluente 07 no afecta significativamente a la subcuenca, debido a que entre la distancia existente entre el punto 06 y 08 antes y después de recibir al afluente, el Río Talnique experimenta cierto grado de autodepuración que se refleja en los índices de calidad obtenidos en la desembocadura al Río Sucio (punto 08).

Se recomienda la utilización de estas aguas para los fines ya conocidos aplicados en las estaciones de monitoreo 04, 05, 06 de la época seca.

- En época de lluvias el nivel porcentual se conserva dentro de la misma categoría (mayo 46.66% y junio 40.14%), manteniéndose en el rango correspondiente al 40%, señalado en el cuadro de usos propuestos de Brown (Cuadro 1), que son los mismos ya mencionados en la época seca en este punto de muestreo.

Los resultados obtenidos de la calidad del agua nos indican que existe cierto grado de autodepuración en el río que, aun en estación lluviosa que es cuando la calidad de aguas superficiales suele disminuir, los valores porcentuales de los ICAs permanecen relativamente constantes.

11. PROPUESTAS PARA EL MEJORAMIENTO DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS DEL RÍO TALNIQUE Y DE SUS AFLUENTES

El conocimiento del estado actual de los recursos hídricos es un proceso iniciado un par de años atrás debido a la creciente demanda del recurso por la población y el consiguiente encarecimiento del mismo.

De acuerdo a los Índices de Calidad de Aguas dentro de los que se encuentra el río Talnique (30-50%) pueden aplicarse diversas formas de tratamiento ya sea individual o en conjunto simultáneamente. Éstos se muestran a continuación dependiendo del uso al que se estime:

- Usos Industriales y Agrícolas: Estos no requieren agua de muy buena calidad, al menos es primordial que el agua carezca de olores desagradables, materia grasosa que se encuentre en suspensión o flotante, el contenido de oxígeno podrá ser de 2.0-5.0 mg/L, y el pH puede encontrarse en un rango de 5.0-9.0, los valores de temperatura podrán llegar a un máximo de 35°C, y los sólidos totales presentes en la muestra podrán oscilar desde 500 mg/L hasta 750 mg/L.

Estas aguas en algunas ocasiones no requerirán tratamiento antes de ser usados en dichos fines y dependiendo del contenido de contaminantes se aplicará cloración.

La cloración es útil aún en emergencias para remover el ácido sulfhídrico que se forma por la descomposición de la materia orgánica; y se pueden añadir nitratos para suministrar oxígeno.

- Vida Piscícola y Recreación: El agua debe ser clara, sin material orgánico visible y el contenido de coliformes podrá llegar hasta un máximo de 1000/100mL.

Por otro lado el tratamiento normal a seguir para restablecer la calidad del agua con los niveles de ICA anteriormente mencionados (30-50%) debe ser sedimentación, precipitación química o tratamiento biológico dependiendo del grado de dilución del cuerpo receptor.

- Agua Potable y Diversos Usos Domésticos: debido a que los requisitos de calidad en este uso serán mayores de igual manera las demandas de tratamiento para su recuperación lo serán ya que, el agua no sólo deberá reunir las características ya mencionadas en los otros usos, sino también se aplicarán procesos que recuperen el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto en el agua y eliminen el contenido de bacterias y organismos patógenos presentes en la misma, en algunos casos se aplicará aeración. Así los procesos de cloración antes y después de coagulación son los más recomendables, sedimentación y filtración consecutivamente. En los casos de emergencia extrema donde no sea posible ninguno de los procesos anteriores se aplicará cloración fuerte y las autoridades sanitarias darán orden de hervir el agua.

12. RESUMEN

La investigación fue enfocada al estudio de la calidad del río Talnique, evaluando su contenido de contaminantes aplicando los índices de calidad de aguas.

De los 8 puntos monitoreados en el río Talnique se tomaron muestras mensualmente por un período de cuatro meses en que se evaluaron 27 parámetros de calidad, obteniendo un total de 108 resultados graficados en los promedios de los meses estudiados. De estos únicamente 9 parámetros fueron utilizados en la evaluación con Índices de Calidad de Aguas (ICA), que finalmente arrojaron valores mensuales de porcentaje en base a los cuales se consideró el efecto de cargas contaminantes en la subcuenca, mediante las variables estudiadas consideradas las más representativas en el estudio de modificación de la calidad de aguas por su impacto sobre la salud.

Los riesgos significativos que se producen en la salud, se deben a que numerosas fuentes puntuales de contaminación actúan sobre la subcuenca invariablemente en el invierno y verano, cambiando la composición fisico-química y microbiológica desde los orígenes del río, siguiendo en las áreas densamente pobladas -como el tramo del Cantón San José Los Sitios- hasta la desembocadura al río Sucio.

Con los resultados de la investigación puede asegurarse que el incremento en los usos de la subcuenca, los cuales incluyen actividades domésticas y recreativas, están en proporción inversa a la calidad en las aguas del río, por lo que su reutilización requiere tratamientos que sean aplicados de acuerdo a su uso posterior, según Brown.

Los Índices de Calidad de Brown reflejan caídas drásticas en la naturaleza del río en los puntos donde se manifiestan cambios de la calidad debido a parámetros como Coliformes fecales (puntos 04, 05, 06, 07) y como consecuencia se limitan los usos del agua del río sin que se realice antes de ello algún tipo de tratamiento para mejorar su condición, ya sea al vertido o a el cuerpo receptor en sí.

Por otro lado tanto la deforestación como el desarrollo agrícola en los puntos 06, 07 y 08 producen contaminación debido al exceso de nutrientes provenientes de la escorrentía y lixiviados que ocasionan el aumento en la turbidez y liberación de contaminantes sedimentados, los cuales retornan a los caudales junto al agua de riego dificultando así que el río aproveche su capacidad disolutora y por ende su capacidad autodepuradora para recuperar los niveles de calidad observados en los puntos monitoreados 01 y 02.

13. CONCLUSIONES

1. La aireación que se produce en las aguas debido a su movimiento en el curso de los ríos, junto con el golpeteo y los procesos de fotosíntesis que se verifican en las plantas acuáticas son los principales contribuyentes al incremento de la concentración de oxígeno en las aguas. Debido a que este elemento interviene en los procesos de transformación y por lo tanto de eliminación de la materia orgánica; la baja solubilidad del oxígeno es el principal factor que limita la capacidad de purificación de las aguas naturales por lo que obliga a efectuar tratamiento de las aguas residuales para remover la materia contaminante, antes de descargar en los cuerpos receptores.

2. En general, se observa que la calidad del río Talnique en su cabecera muestra variaciones pequeñas, en relación a su desembocadura al río Sucio, verificándose las diferencias más agudas en los tramos medios y bajos del río ya que son éstos los más afectados tanto por los vertidos (industrial, agrícola y doméstico) como por las actividades autodepurativas del río. Los porcentajes de calidad (ICA) encontrados a lo largo de la subcuenca muestran su evolución, ya que a menudo pueden observarse variaciones cuando de una estación muy contaminada del río se pasa a otra con un nivel de calidad menos severo aún cuando cargas contaminantes continúen depositándose en los puntos menos afectados o viceversa.

3. La mejora en la calidad del agua, de acuerdo a los resultados obtenidos a partir de los ICAs, se manifiesta por un aumento del oxígeno disuelto y de la cantidad de coliformes fecales presentes en la subcuenca. Los resultados de los sólidos en suspensión son más erráticos es decir, que no muestran una tendencia tan definida debido a que la estación lluviosa llegó retrasada este año. Esto hace que los resultados del mes de junio varíen considerablemente en relación a los primeros meses monitoreados.

4. Calidad del agua se verifica por la capacidad que tiene la misma para responder a los usos a que se podría destinar. Por lo tanto el agua de la subcuenca tendrá diferente calidad dependiendo si ésta será utilizada para regadío, abastecimiento urbano, industrial, etc. Los requisitos establecidos para los usos de dichas aguas dependen de la legislación interna del país y de sus condiciones de desarrollo. El hecho de que en El Salvador no exista una norma aprobada para aguas residuales no permite aplicar las sanciones necesarias a los responsables de la contaminación directa sobre los ríos así como la aplicación de un sistema de prevención de contaminación, por lo que a menudo se recurre al empleo de Normativas Internacionales utilizadas en países como Canadá, México, Chile, Estados Unidos.

5. Los Índices de Calidad de aguas son un modelo que simplifican y organizan grandes cantidades de datos en un marco homogéneo, permitiendo así evaluar y comunicar el estado del cuerpo de agua en una forma comprensible y sin una distorsión importante en la información de la calidad del agua, a su vez este es tan sencillo y representativo que permite ser entendido por personas

no entrenadas en cuestiones científicas o de la misma forma expertos en el tema puedan familiarizarse con la estimación de los ICA y los apliquen en sus estudios.

6. Los ICA mostraron grados de calidad variantes que van desde aguas contaminadas a aguas excesivamente contaminadas donde los niveles de polución superiores se localizaron en las estaciones 04 y 07 las cuales están principalmente influenciadas por fuentes antropogénicas domésticas e industriales respectivamente. Los principales inconvenientes se verifican en los usos que se les dará a este recurso, ya que están limitadas para la mayoría de los fines a los que puedan destinarse. Sin embargo, todos los puntos de monitoreo poseen mayor libertad para permitir la navegación y el transporte de desechos ya tratados, de acuerdo a los Índices de Calidad estimados, tanto en la época seca como en la lluviosa.

7. En general, la calidad de las aguas del río Talnique es tal que requiere tratamientos complejos -y por tanto más costosos- para poder ser empleada como agua potable o para usos domésticos debido a los valores de coliformes encontrados. En aquellos usos que no requieran contacto directo (aguas destinadas a regadíos y a procesos industriales) o que exijan requerimientos específicos (vida piscícola y recreación), la elección de tratamientos más sencillos será suficiente de acuerdo al punto monitoreado en base a su grado de polución, ya que el contenido de materiales orgánicos presentes en

referencia al resultado del parámetro DBO_5 aún se contempla en valores aceptables para vertidos industriales.

8. Idealmente deben construirse obras de tratamiento de aguas en zonas cercanas a la fuente de contaminación industrial, agrícola y doméstica; establecer programas preventivos y curativos dirigidos a las comunidades rurales que se abastecen de este recurso, para encontrar la solución al problema de contaminación en aguas superficiales. El inconveniente es que casi nunca se logra que éstas funcionen de una manera eficiente y sobre todo continua debido a la falta de operación y mantenimiento. Esto se debe a que no existe una cultura de tratamiento de las aguas residuales y menos aún el deseo de pagar por el sostenimiento de este servicio tanto por el Estado como por la empresa privada.

9. La importancia del estudio del recurso agua en el río Talnique radica en el efecto que las diferentes cargas contaminantes pueden ocasionar sobre la salud de los habitantes de Ateos, Talnique y San José Los Sitios ya que la disminución de la calidad del agua debido a un elevado contenido de contaminantes bacterianos y bajos niveles de oxígeno, puede producir alteración de la salud por enfermedades infecciosas ocasionadas por el uso del agua por parte de los pobladores cercanos al río, quienes utilizan el recurso sin proporcionarle tratamiento previo que sea efectivo.

14. RECOMENDACIONES

1. Es necesario implementar una red de monitoreo periódico que evalúe al menos durante un año, el comportamiento de los niveles contaminantes en la Subcuenca, ya que los resultados obtenidos en la DBO₅ no son tan representativos en esta investigación, por lo que no permiten visualizar el efecto ocasionado por descargas de vertidos industriales que ejercen como consecuencia un impacto ambiental de consideración durante la estación seca y lluviosa.
2. Para disminuir los costos económicos al realizar un estudio en un cuerpo de agua, cuyo propósito sea la determinación de la calidad de la misma, ya sean índices de tipo general o específico, es necesario reducir el número de parámetros indispensables a evaluar, es decir incluir únicamente aquellas variables que determinan el ICA a estimar.
3. Establecer una red educativa de control para la prevención de la contaminación y para el uso de las aguas por parte de los habitantes de los asentamientos cercanos a la Subcuenca, en base a los resultados obtenidos en la presente investigación.
4. Combinar los estudios que se realizan en instituciones gubernamentales como el Ministerio de Agricultura y Ganadería, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Ministerio de Economía y Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, los cuales están involucrados en la recuperación de mantos

acuíferos deteriorados con el fin de mejorar la calidad de vida de la población rural aledaña al río Talnique y sus afluentes.

5. Agilizar y trabajar junto con el gobierno en los procesos de aprobación de una Norma Nacional de Disposición de Aguas de Vertidos, con el objeto de introducir mecanismos que controlen y además sancionen la disposición inadecuada de descargas directas que se producen tanto a nivel individual como colectivo en las aguas superficiales.
6. Deben buscarse mecanismos para que organismos interinstitucionales que trabajan en el país con asuntos relacionados con el medio ambiente enfoquen y prioricen la necesidad de recuperar el deterioro de las aguas superficiales como parte de los recursos naturales, proponiendo alternativas de saneamiento que involucren tanto entidades gubernamentales, como particulares.
7. Realizar estudios e investigaciones que, como ésta, contribuyan a establecer puntualmente los parámetros que realmente afectan a un determinado manto acuífero para que esto permita fijar las diferencias entre un cuerpo de agua y otro, con el objeto de diseñar concretamente un sistema de tratamiento de aguas que sea definido por las características físico-químicas y microbiológicas que, como en el caso particular del Río Talnique y sus afluentes, han permitido separar la contaminación proveniente de bacterias (Coliformes fecales y Totales) de aquella que proviene de materiales orgánicos (DBO₅).

III. BIBLIOGRAFÍA

1. ANAYA RODRÍGUEZ, Dalila Guadalupe. ***“Evaluación de la Contaminación de la Cuenca del Río Cuayá. Ilopango”***. 1997. Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. San Salvador.
2. BOYLE LEMUS, William Antonio. ***“Evaluación de la Contaminación por Metales Tóxicos en Aguas Superficiales y Sedimentos de la Cuenca Hidrográfica del Río Acelhuate y Zona Metropolitana”***. 1976. Universidad de El Salvador. San Salvador.
3. BROWN, Theodore; LEMAY, Eugene. ***“Química: La Ciencia Central”***. 3ª Edición. Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. S.A. 1987. México.
4. BUCKALEW, James; KNOWLES, Robert; WAITE, Laura. ***“Evaluación de Recursos de Agua en la República de El Salvador”***. Octubre, 1998. Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos de América.
5. CAMACHO, Rodolfo; MICHAELS, Greg; PLATAIS, Gunars. ***“Aguas Salvadoreñas: Capital de Trabajo Para la Nación”***. Proyecto Protección del Medio Ambiente. GOES/USAID 519-0385. Junio 1998. San Salvador, El Salvador.

6. CANTER, Larry W. ***“Manual de Evaluación de Impacto Ambiental: Técnicas para la Elaboración de los Estudios de Impacto”***. 2ª Edición. Editorial McGraw-Hill. 1998. España.
7. Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT). ***“Norma Nacional de las Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor”***. Adaptación de la Propuesta de Norma de Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Residual. Ministerio de Salud. 2000. El Salvador.
8. CUELLAR, Ricardo. ***“Análisis y Evaluación de los Principales Ríos de El Salvador y sus Niveles de Contaminación”***. Instituto Tecnológico de Centroamérica (ITCA). Junio 1994. La Libertad, El Salvador.
9. EATON, Andrew; CLESCERI, Lenore; GREENBERG, Arnold. ***“Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”***. 19th Edition. American Public Health Association Publication Office. 1995. Washington, D.C.
10. ESQUIVEL, Olga. ***“Levantamiento de las Fuentes Contaminantes Puntuales de las Subcuencas de los Ríos Sucio, Acelhuate y Suquiapa”***. Ministerio de Agricultura y Ganadería – División General de Recursos Naturales y Renovables – Programa Ambiental de El Salvador. Mayo, 1998. San Salvador, El Salvador.

11. GÓMEZ, Manuel Antonio; MÁRQUEZ, Ana Milagro; MARTÍNEZ, Roxana. ***“Evaluación de la Contaminación Atmosférica e Hídrica de Zonas Aledañas al Complejo Industrial de Ciudad Merliot”***. Universidad de El Salvador. Facultad de Química y Farmacia. 1996. San Salvador, El Salvador.

12. GUZMÁN, Anastasio. ***“Ingeniería Sanitaria: Agua, Subestructura – Composición – Análisis”***. Escuela Nacional de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México. 1977. México.

13. JOVEL, Enrique. ***“ Características Hidrológicas de la Cuenca del Río Sucio”***. Universidad de El Salvador. 1958. San Salvador.

14. Laboratorio de Calidad Integral de la Fundación Salvadoreña para el Desarrollo Económico y Social (FUSADES). ***“Evaluación de la Contaminación del Río Lempa y de sus Afluentes: Río Suquiapa y Río Quezalapa”***. 1994. San Salvador, El Salvador.

15. LOBO, José E. ***“Monitoreo de la Contaminación Hídrica de los Afluentes del Embalse del Cerrón Grande”***. Informe Final-Fase I de Consultoría. 2000. San Salvador, El Salvador.

16. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN), Banco Interamericano de Desarrollo (BID). **“Recursos Hídricos: Calidad de Agua, Colecta, Manejo y Custodia de Muestras”**. Mayo 2001. San Salvador, El Salvador.
17. Ministerio del Ambiente y Recursos Naturales (MARN). **“Ley de Medio Ambiente”**. 1998. San Salvador, El Salvador.
18. Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social; Cooperación Italiana. **“Apuntes sobre la Calidad de Aguas de Uso Potable”**. Departamento de Saneamiento Ambiental del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social y la Cooperación Italiana: Proyecto de Salud. 2ª Edición. 1993. El Salvador, Centroamérica.
19. MYTON, Becky; REQUENA, Fernando. **“Contaminación de Aguas Superficiales y Subterráneas en Determinadas Cuencas de la Región Sudoccidental de El Salvador”**. Preparado para la Misión de la USAID (United States Agency for International Development) de El Salvador. 1991. San Salvador.
20. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) **“Perfil del Distrito de Riego de Zapotitán”**. Fondo Simón Bolívar. Población Miscelánea N 371 JSSN-0534, Vol. 1. Noviembre, 1982. San Salvador, El Salvador.

21. Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) / Programa Ambiental de El Salvador (PAES). ***Informe Evaluación de la Contaminación de los Recursos Hídricos en la Subcuenca del Río Sucio***. 2000. El Salvador.
22. SALAS, Walter. ***Respuesta Experimental de las Aguas Contaminadas en la Producción Agrícola***. 1ª Edición. Editorial de la Universidad de Costa Rica. 1987. San José, Costa Rica.
23. METCALF & EDDY. ***Ingeniería de Aguas Residuales***. Departamento de Ingeniería de Procesos. 2ª Edición. Editorial McGraw-Hill. Tomo III 1997. México.
24. Sistema Nacional del Medio Ambiente (SINAMA). ***Seminario sobre Aspectos Básicos del Monitoreo Ambiental: Asistencia Técnica para el Fortalecimiento de Laboratorios***. Mayo 2001. San Salvador, El Salvador.
25. PEPPER, Ian; GERBA, Charles; BRUSEAU, Mark. ***Pollution Science***. Academic Press. 1996. United States.
26. Unidad Ecológica Salvadoreña (UNES) / Fondo de Iniciativa para las Américas de El Salvador (FIAES). ***Ecología Salvadoreña***. Julio 1997, No. 15. San Salvador, El Salvador.

Sitios web consultados:

- 27) [http:// www.mma.es/docs/hidra_calagua/coca/redsuper.htm](http://www.mma.es/docs/hidra_calagua/coca/redsuper.htm)
- 28) [http:// www.fao.org](http://www.fao.org)
- 29) [http:// members.tripod.com](http://members.tripod.com)
- 30) [http:// members.spree.com](http://members.spree.com)
- 31) [http:// www.drcalderonlabs.com](http://www.drcalderonlabs.com)
- 32) [http:// sites.netscape.net](http://sites.netscape.net)
- 33) [http:// www.prodigyweb.net.mx](http://www.prodigyweb.net.mx)
- 34) [http:// www.arrakis.es](http://www.arrakis.es)
- 35) [http:// www.sunburn.uwaterloo.ca](http://www.sunburn.uwaterloo.ca)
- 36) [http:// webcd.usal.es](http://webcd.usal.es)
- 37) [http:// www.elsalvadortrade.com](http://www.elsalvadortrade.com)
- 38) [http:// teleline.terra](http://teleline.terra)

ANEXOS

Anexo I

Glosario

GLOSARIO

Acuífero: Se le llama así a cualquier capa subterránea que tiene rocas permeables capaces de contener agua.

Afluyente: Curso de agua que va a parar a otro. El punto donde se unen dos cursos de agua se llama confluencia.

Agua Cruda: Agua que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

Aguas Claras: Es todo cuerpo de agua pobre en nutrientes, en donde la luz penetra bien, el crecimiento de las algas es pequeño y mantiene a pocos animales.

Aguas Grises: Aguas provenientes de lavado de platos, ropa, manos, cuerpo, etc. factible de ser reutilizada para riego de árboles, plantas y jardines.

Aguas Naturales: Aquellas bacteriológicamente sanas que tienen su origen en un estrato o yacimiento subterráneo y que brotan de un manantial en uno o varios puntos de alumbramiento, naturales o perforados. Se caracterizan por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes y, en ocasiones, por determinados efectos y por su pureza original.

Aguas Negras: Son los desechos líquidos y sólidos provenientes de los sanitarios, los cuales poseen un alto contenido de material orgánico que requiere ser removido en una planta de tratamiento municipal.

Aguas Residuales: Las aguas de composición variada provenientes de las descargas de usos municipales, industriales, comerciales, de servicios, agrícolas, pecuarios, domésticos,

incluyendo fraccionamientos y en general de cualquier otro uso, así como la mezcla de ellas.

Aguas Superficiales: Agua procedente de la lluvia, deshielos o nieve, que corre en la superficie de la tierra por los ríos y arroyos, y se dirige al mar.

Bocatoma: Estructura hidráulica que capta el agua desde una fuente superficial y la conduce al sistema de acueducto.

Contaminación Agrícola: Desechos sólidos o líquidos producidos por todo tipo de granjas, incluyendo los derivados de los pesticidas, fertilizantes y sobrantes de forrajes; la erosión y la suciedad del arado, el abono animal, los esqueletos y los residuos de las cosechas y escombros.

Contaminante: Cantidad medible de una sustancia extra - presencia de contaminantes en el agua, suelo o aire, en tales cantidades que alteran o impiden el uso del recurso. Incluye gasolina o aceite, cualquier pesticida, o cualquier compuesto o derivado de amonio o de cloro.

Contaminantes Básicos: Son aquellos compuestos y parámetros que se presentan en las descargas de aguas residuales y que pueden ser removidos o estabilizados mediante tratamientos convencionales. En lo que corresponde a esta Norma Oficial Mexicana sólo se consideran los siguientes: grasas y aceites, materia flotante, sólidos sedimentables, sólidos suspendidos totales, demanda bioquímica de oxígeno⁵, nitrógeno total (suma de las concentraciones de nitrógeno Kjeldahl de nitritos y de nitratos, expresadas como mg/litro de nitrógeno), fósforo total, temperatura y pH.

Carga Contaminante: Cantidad de un determinado *agente adverso* al medio, contenido en un residuo sólido.

Depuración de Aguas Residuales: Eliminación de contaminantes de las aguas residuales. Los materiales sólidos y las partículas en suspensión pueden separarse por medios mecánicos y sedimentación. La materia orgánica es metabolizada por microorganismos en un tratamiento biológico, y otras sustancias pueden eliminarse por tratamientos físico-químicos.

Depuración Natural del Agua: Las masas de agua pueden autodepurarse dentro de ciertos límites, por medio de procesos físicos, químicos y biológicos. Los contaminantes orgánicos son degradados por la acción microbiana, lo que va asociado a un aumento del consumo de oxígeno, por lo que los niveles de oxígeno disuelto en el agua disminuyen como resultado de la contaminación orgánica.

Desechos Industriales: Desperdicios orgánicos e inorgánicos descargados por empresas industriales o comerciales. Los desperdicios orgánicos en gran escala tienen origen en las industrias de alimentos, lechería, empacadoras de pescado, fábricas de cerveza y fábricas de papel, procesos petroquímicos, fábricas textiles y lavanderías. Los desechos inorgánicos incluyen ácidos, álcalis, cianuros, sulfuros y sales de arsénico, plomo, cobre, cromo y zinc.

Desperdicios Domésticos: Desperdicios sólidos generados como resultado de la satisfacción de las necesidades básicas de los seres humanos y de los animales. Esta definición incluye basura, desechos, y desperdicios sanitarios provenientes de pozos sépticos.

Efluente: Descarga por un punto de desagüe; algunas veces se refiere al líquido que se descarga de una planta de tratamiento, luego de terminado el correspondiente proceso.

Erosión: Destrucción de los materiales de la superficie terrestre (rocas y suelo) por separación física de partículas de cualquier tamaño debido a la acción de los agentes

externos (viento, agua, hielo). La intensidad de la erosión depende de la energía del agente erosivo, la naturaleza de los materiales (litología), el grado de meteorización, la pendiente del terreno, y en el caso del suelo, del grado de cobertura vegetal y del enraizamiento, por lo que las acciones humanas sobre la vegetación y el suelo pueden favorecer la erosión.

Fuente Localizada: Canal identificable a través del cual se descargan desechos; ejemplos: tuberías, desagües, canales de drenaje.

Fuente no Localizada: Fuente no identificable de contaminación; ejemplos: escapes agrícolas, escapes urbanos.

Hábitat: Medio físico que reúne las condiciones adecuadas para favorecer la vida y desarrollo de una especie animal o vegetal.

I.C.A.: Índice de Calidad de Agua

Infiltración: Cuando el agua penetra al subsuelo es gradualmente conducida a capas más profundas y puede penetrar a través de los mantos rocosos subterráneos, pasando entre sus pequeñas grietas. A este fenómeno se le llama infiltración.

Límite Máximo Permisible: Valor o rango asignado a un parámetro, el cual no debe ser excedido en la descarga de aguas residuales.

Lixiviado: Fluido que percola a través de materiales sólidos o desperdicios y que contiene materiales suspendidos o disueltos o productos de los sólidos. Este tiene el potencial de contaminar cuerpos de agua superficiales y subterráneos en casos de migración

Niveles Mínimos de Agua: Niveles mínimos para una determinada fuente de agua, fijados por el distrito de manejo de agua; por debajo de estos niveles existe peligro para el ecosistema o para los recursos de agua.

Parámetro: Variable que se utiliza como referencia para determinar la calidad física, química y biológica del agua.

Río: Corriente de agua más o menos caudalosa, que desemboca en el mar, en otro río o en un lago. El flujo de un río es el volumen de agua por unidad de tiempo; se mide en metros cúbicos por segundo.

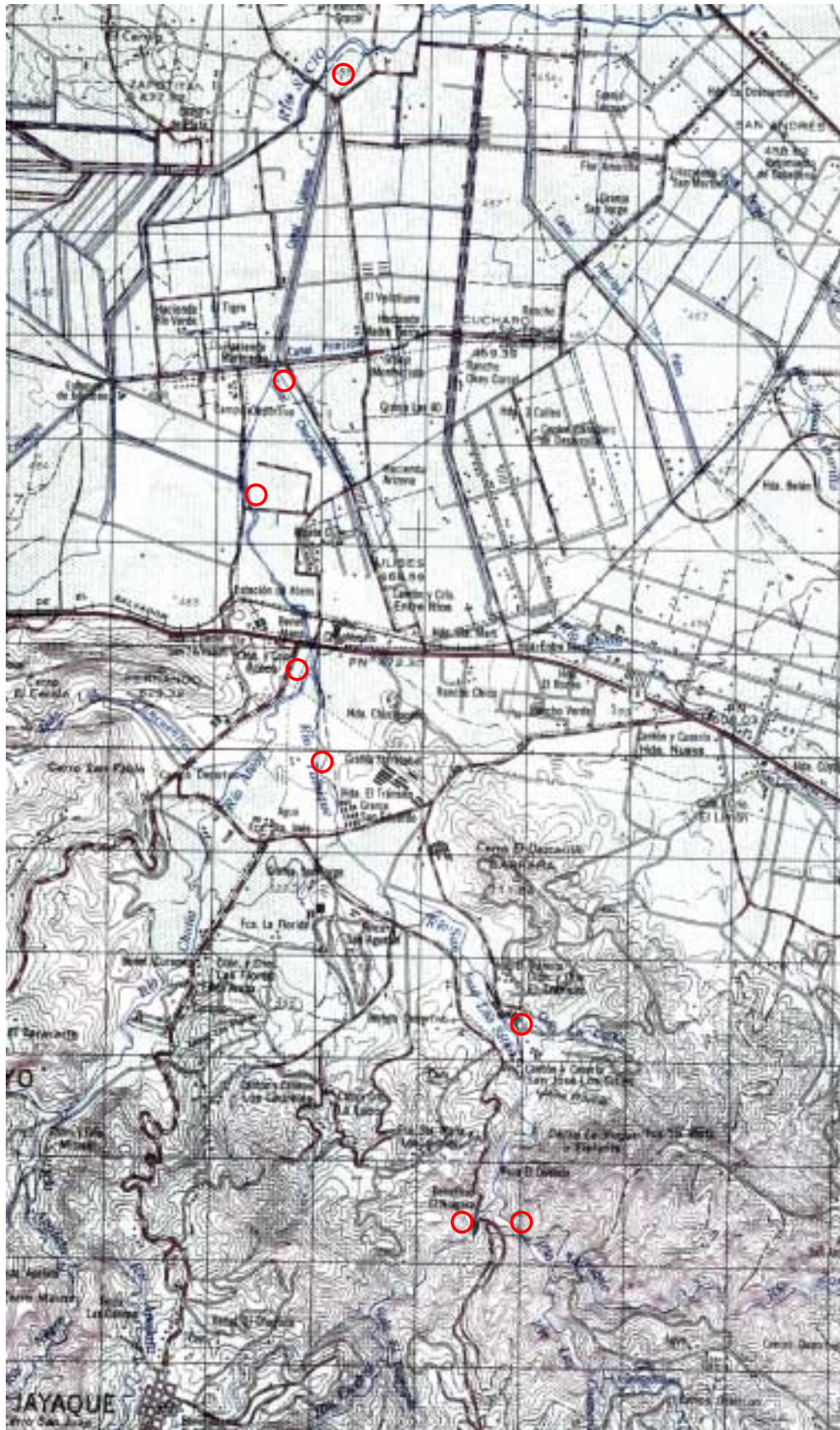
Tratamiento Convencional: Son los procesos de tratamiento mediante los cuales se remueven o estabilizan los contaminantes básicos presentes en las aguas residuales.

Vertido: Acción y efecto de verter. En su afección ambiental se utiliza para designar la corriente de desperdicios, ya sean líquidos, sólidos o gaseosos, que se introduce en el medio ambiente.

Anexo II

Mapa de los Puntos

Monitoreados en el Río Talnique



Anexo III

Cuadro de Solubilidades del

Oxígeno

SOLUBILIDAD DEL OXÍGENO DISUELTO EN AGUA DULCE

Temperatura (°C)	OD mg/L	Temperatura (°C)	OD mg/L
0	14.60	23	8.56
1	14.19	24	8.40
2	13.81	25	8.24
3	13.44	26	8.09
4	13.09	27	7.95
5	12.75	28	7.81
6	12.43	29	7.67
7	12.12	30	7.54
8	11.83	31	7.41
9	11.55	32	7.28
10	11.27	33	7.16
11	11.01	34	7.05
12	10.76	35	6.93
13	10.52	36	6.82
14	10.29	37	6.71
15	10.07	38	6.61
16	9.85	39	6.51
17	9.65	40	6.41
18	9.45	41	6.31
19	9.26	42	6.22
20	9.07	43	6.13
21	8.90	44	6.04
22	8.72	45	5.95

Anexo IV

Propuesta Norma Salvadoreña

del CONACYT

**PROPUESTA DE NORMA DE AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN
CUERPO RECEPTOR NSR 13.07.03.00 (CONACYT)**

Propuesta de Valores Permisibles para Vertido de Aguas Residuales

PARÁMETROS	UNIDADES	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES
Aceites y Grasas (Aguas Domésticas)	mg/L	10
Aceites y Grasas (Aguas Industriales)	mg/L	20
Cloruros	mg/L	500
Coliformes Fecales	NMP/100 mL	1000
Coliformes Totales	NMP/100 mL	1000
DBO (Aguas Domésticas)	mg/L	30
DBO (Aguas Industriales)	mg/L	200
Detergentes	mg/L	2
DQO (Aguas Industriales)	mg/L	200-400
DQO (Aguas Domésticas)	mg/L	60
Fósforo Total	mg/L	3
pH	Unidades	5.5 – 9.0
Sólidos Sedimentables	ml/L	0.5
Sólidos Suspendidos (Aguas Domésticas)	mg/L	60
Sólidos Suspendidos (Aguas Industriales)	mg/L	150
Temperatura	°C	Menor o igual a 35°C
Turbiedad	NTU	100

- (1) Para la Industria del Café el valor máximo permisible será de 850 mg/L, una vez que el medio receptor tenga la capacidad para admitir esa carga.
- (2) Para la industria destilera se aceptará una remoción del 95%, siempre que la materia prima sea melaza de caña de azúcar y que el medio ambiente lo permita.
- (3) Para la Industria del Café el valor máximo permisible será de 1000 mg/L, una vez que el medio receptor tenga la capacidad para admitir esa carga.
- (4) El valor de pH 5.5-9.0 aplica para las aguas dulces; definiéndose un valor de pH entre 5.5-9.5 para aguas costero marinas.

Anexo V

Registro PROCAFE y MAG

Lluvias en Meses de Enero-Junio

Registro de Lluvia en mm Estación Automática, Finca Montenegro-Jayaque
 Tipo PV, Año 2001

fuelle: PROCAFE, 2001

Mes/Día	enero	Febrero	marzo	abril	mayo	junio
1	0	0	0	0	0.3	6.4
2	0	0	0	3.8	0	24.1
3	0	0	0	0	2.3	21.1
4	0	0	0	0	0	35.1
5	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	23.4
8	0	0	0	0	0	15.5
9	0	0	0	0	0	2
10	0	0	0	1	0	0
11	0	0	0	0	0	3
12	0	0	0	0	0	3.3
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	6.6
16	0	0	0	0	0	2
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	3.8	0
19	0	0	0	0	2	12.5
20	0	0	0	0	3	0
21	0	0	0	5.1	0.3	22.4
22	0	0	0	0	0	33.3
23	0	0	0	0.3	16.3	0
24	0	0	0	13	6.1	0
25	0	0	0	6.1	68.8	0
26	0	0	0	0	4.1	0
27	0	0	0	0	0	0
28	0	0	0	0	4.3	0
29	0	0	0	0	12.2	0
30	0	0	0	0	0	23.9
31	0	0	0	0	9.4	0
total mes	0	0	0	29.3	132.9	234.6

INFORMACION CLIMATOLOGICA DE LLUVIA DIARIA EXPRESADA EN MM

Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Elevación
San Andres	13° 48.5'	89° 24.4'	460 msnm
Beneficio El Paraíso	13° 40.3'	89° 26.0'	920 msnm

San Andres (Depto. De La Libertad)

Día/Mes	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	0	0	4.4
2	0	27.9	0.5
3	0	0.5	7.8
4	0	3.8	29.3
5	0	4.0	4.0
6	0	0	0
7	0	0	0.4
8	0	0	2.9
9	0	0	10.0
10	0	0	0.4
11	0	0	1.9
12	0	0	0
13	7.9	0	0
14	0	0	16.2
15	0	0	0
16	0	3.2	1.5
17	0	1.6	30.5
18	0	0.4	0
19	0	0	0.7
20	0	2.1	19.5
21	0	0	0
22	9.6	9.9	52.5
23	0	6.2	1.0
24	5.2	9.1	0
25	12.8	1.5	0
26	0	4.1	0
27	0	0.2	0
28	0	0	0
29	0	0	0
30	0	0	0
31		0.5	
Total	35.5	75.0	183.5

Jayaque, Bnficio El Paraíso (La Libertad)

Día/Mes	ABRIL	MAYO	JUNIO
1	0	0	0
2	0	2.2	9.5
3	0	9.0	22.5
4	0	1.3	38.5
5	0	0	12.0
6	0	0	0
7	0	0	0
8	0	0	29.1
9	0	0	28.6
10	0	0	0
11	0	0	0
12	0	0	0
13	0	0	5.0
14	0	0	0
15	0	0	0
16	0	0	5.2
17	0	0	0
18	0	0	0
19	0	0	0
20	0	0	7.8
21	0	0	0
22	15.5	7.2	20.5
23	0	7.9	31.0
24	2.1	7.6	0
25	11.8	5.8	0
26	0	108.0	0
27	0	14.1	0
28	0	0	0
29	0	11.2	0
30	0	2.6	0
31		2.1	
Total	29.4	179	209.7

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG),2001

Anexo VI

Metodologías Físico-Químicas

para Aguas

DETERMINACION DE ALCALINIDAD	Fecha:30/12/2000	
de 3	Método de Titulación	Página 1

1. Discusión General.

- a) *Principio:* Los iones hidróxilos presentes en la muestra como resultado de la disociación o la hidrólisis de la reacción de solutos con adición de estándar ácido. La alcalinidad depende de el pH utilizado como punto final.
- b) *Punto final:* Cuando la alcalinidad es enteramente de ambos, bicarbonatos y carbonatos el pH en el punto de equivalencia es determinado por la concentración de dióxido de carbono presente. La concentración de dióxido de carbono depende de las especies de carbonatos originalmente presentes y de algunas pocas que se generen durante la titulación. El indicador de fenolftaleina puede ser utilizado para la titulación de una alcalinidad de un pH de 8.3 y los indicadores de verde de bromo cresol o indicador mixto (verde de bromo cresol y rojo de metilo) pueden ser utilizados para la titulación de la alcalinidad hasta un pH de 4.5.

2. Equipo.

- a) Agitador magnético.
- b) Frascos erlenmeyer de 250 mL.
- c) Barra magnética.
- d) Bureta de 25 mL.
- e) Pipetas de 25 y 10 mL.

3. Reactivos

- a) *Agua libre de CO₂* para la preparación de reactivos y diluciones. Con pH final ≥ 6 y una conductividad de $< 2\mu\text{mhos/cm}$.
- b) *Solución de carbonato de sodio aproximadamente 0.05 N:* Secar 5 gramos de estándar primario de NaCO₃ a 250°C por 4 horas y enfriarlo en un desecador. Pesar 2.5 g, lo más exacto posible, anotando el peso exacto de la pesada, transferir a un frasco volumétrico de 1 litro y llenar hasta la marca con agua deionizada. **No guardar mas de una semana.**
- c) *Solución Estándar de ácido sulfúrico 0.1 N:* Transferir 2.8 mL de H₂SO₄ a un frasco volumétrico de 1 L y llenar hasta la marca con agua deionizada. Estandarizarla con 40 mL de CaCO₃ con 60 mL de agua en un beaker, titule potenciométricamente hasta un pH de 5 aproximadamente, calentar suavemente de 3 a 5 minutos, después llevarlo hasta

el pH final, calculando la normalidad posteriormente del ácido de la siguiente manera:

$$\text{Normalidad, N} : \frac{A * B}{53 * C}$$

Donde:

A: gramos de NaCO_3 pesados en 1 L.

B: mL de solución de NaCO_3 tomados para titular.

C: mL de ácido utilizado.

d. *Solución estándar de H_2SO_4 0.02 N*: diluir 200 mL de solución estándar 0.1 N en un frasco volumétrico de 1 L con agua deionizada. 1mL= mg CaCO_3 .

e. *Fenolftaleina*.

f. *Indicador mixto de rojo de metilo y verde de bromo cresol*:hecho de la siguiente manera: disolver 100 mg de verde de bromocresol y 20 mg de rojo de metilo en 100 mL de alcohol etílico o alcohol isopropílico al 95%.

4. Procedimiento

Se toman 25 mL de muestra y se diluye con agua destilada hasta un volumen de 50 mL aproximadamente en un erlenmeyer de 125 mL. Se le adicionan unas gotas de fenolftaleina y si de observa la aparición de un color rosado en la solución, nos indica que dicha muestra posee un pH arriba de 8.3, se titula con ácido sulfúrico 0.02 N hasta la desaparición del color rosado, tomando nota de ese valor de ácido utilizado.

Posteriormente se le agregan unas gotas de indicador mixto y se titula de nuevo con ácido sulfúrico 0.02 N hasta la aparición de una coloración salmón que indica el punto final del análisis, se anota el volumen utilizado, para determinar la alcalinidad total de carbonatos y bicarbonatos.

Si la coloración no aparece con la fenolftaleina indica que la muestra posee un pH abajo de 8.3 y solamente se hará una titulación y esa será la alcalinidad total.

5. Cálculos.

La alcalinidad total cuando hay solamente un punto de titulación se determina como sigue:

$$\text{Alcalinidad, mg de } \text{CaCO}_3/\text{L} = \frac{A * N * 50000}{\text{mL.Muestra}}$$

Donde:

A: mL de ácido utilizados.

Si la titulación es en dos etapas, se utilizan dos volúmenes de ácido, uno hasta la decoloración de la fenolftaleína y el otro hasta que parezca el color salmón del indicador mixto:

$$\text{Alcalinidad total; mg de CaCO}_3 = \frac{(2B - C) * N * 50000}{\text{mL.Muestra}}$$

Donde:

B: mL de la primera titulación.

C: mL de la segunda titulación.

N: concentración del ácido en normalidad.

PAES Fecha:30/12/2000	DETERMINACION DE CLORUROS	
	Método de Argentométrico	Página 1

de 3

1) Discusión general.

a) Principio: En una solución neutra o levemente alcalina, el cromato de potasio nos indicará el punto final de la titulación de cloruro con nitrato de plata. El nitrato de plata es precipitado cuantitativamente antes de que el cromato de plata sea formado.

b) Interferencias: Sustancias en cantidades normales se encuentran en el agua potable sin interferir como bromuros, ioduros y cianuros, registradas como concentraciones equivalentes de cloruros. Iones de sulfuros, tiosulfatos y sulfitos interfieren pero pueden ser removidos por tratamiento con peróxido de hidrógeno. Ortofosfato en exceso de 25 mg/L interfiere precipitando la plata como fosfato de plata. El hierro en exceso de 10 mg/L interfiere por encubrimiento del punto final.

2) Aparatos

- a) Frascos erlenmeyer de 250 mL.
- b) Bureta de 50 mL.

3) Reactivos.

a) *Solución indicadora de Cromato de Potasio.*

Disolver 50 gms. de K_2CrO_4 en una pequeña cantidad de agua destilada. Adicionar solución de $AgNO_3$ hasta la formación de un precipitado rojo. Dejar reposar 12 horas, mínimo, filtrar y diluir a 1 litro con agua destilada.

b) *Solución titulante de $AgNO_3$, 0.0141M (0.0141N).*

Disolver 2.395 gm. de $AgNO_3$ en agua destilada y diluir a 1 litro. Estandarizar con NaCl con el procedimiento 4b, 1.00 mL = 0.5 mg Cl^- . Almacenar en un frasco oscuro.

c) *Solución estándar de NaCl 0.0141M (0.0141N).*

Disolver 824 mg de NaCl (previamente secados a $140^\circ C$) en agua destilada y diluir a 1 litro. 1.00mL=0.5 mg de Cl^- .

d) *Reactivo especial para remover interferencias.*

-Suspensión de $Al(OH)_3$.

Disolver 125 gm de sulfato de potasio y aluminio ($AlK(SO_4).12H_2O$) o sulfato de amonio y aluminio ($AlNH_4(SO_4).12H_2O$), en un litro de agua deionizada.

Calentar a $60^\circ C$ y adicionar 55 mL de $NH_4(OH)$ y mezclar lentamente con agitación. Dejar reposar aproximadamente 1 hora, transferir a un frasco grande y lavar el precipitado con adiciones sucesivas, mezclado y decantado completo con agua destilada, hasta quedar libre de cloruro.

Cuando la preparación está reciente, la suspensión utiliza aproximadamente 1 litro.

-*Solución de indicador de fenolftaleína.*

-*Hidroxido de Sodio (NaOH) 1N.*

-*Acido Sulfúrico (H_2SO_4) 1N.*

-*Peróxido de Hidrógeno (H_2O_2) 30%.*

4) Procedimiento

a) *Preparación de la muestra:* Utilizar unos 100 mL de muestra o una conveniente porción diluida a 100 mL. Si la muestra es altamente coloreada adicionar 3 mL de suspensión de $Al(OH)_3$, mezclar y filtrar.

Si están presentes sulfuros, sulfatos o tiosulfatos adicionar 1 mL de H_2O_2 y agitar por 1 minuto.

b) *Titulación:* Titular directamente las muestras en un rango de pH entre 7 y 10. Si no se encuentran entre ese rango, ajustarlas con ácido sulfúrico o con hidróxido de sodio. Para

ajustar es preferible utilizar un pHmetro con electrodo de referencia tipo no-cloruro(si solo de cloruro está disponible, determinar la cantidad de álcali o ácido para ajustar y descartar esa porción de muestra. Tratar una porción por separado con el ácido o álcali necesario y continuar con el análisis). Adicionar 1 mL de K₂CrO₄ como indicador. Titular con solución estándar AgNO₃ hasta un punto final color amarillo rosaceo. Se recomienda ser consistente en el reconocimiento del punto final.

5) Cálculos.

$$\text{mg Cl}^- / \text{L} = \frac{(\text{A}-\text{B}) * \text{N} * 35450}{\text{mL muestra}}$$

Donde:

A: mL de AgNO₃ gastados con la muestra.

B: mL de AgNO₃ gastados con el blanco.

N: Concentración de AgNO₃ como normalidad.

$$\text{mg NaCl} / \text{L} = \text{mg Cl}^- / \text{L} * 1.65$$

6) Precisión y Tendencia.

Una muestra sintética conteniendo 241 mg Cl⁻ / L, 108 mg Ca⁺² / L, 82 mg Mg⁺²/L, 3.1 mg K⁺ / L, 19.9 mg Na⁺ / L, 1.1 mg NO₃⁻ -N/ L, 0.25 mg NO₂⁻ -N/ L, 259 mg SO₂⁻² / L, 42.5 mg alcalinidad total / L (dada por el NaHCO₃) en agua destilada, fue analizada en 41 laboratorios por el método argentométrico con una desviación estándar relativa de 4.2 % y un error de 1.7 %.

PAES Fecha:30/12/2000	DETERMINACION DE DUREZA	
	Método de Titulación con EDTA	Página 1 de

2

1. Discusión General.

Principio.

El ácido etilendiaminotetraacético y la sal de sodio (EDTA) forman un quelato soluble cuando se adiciona a una solución de catión metálico. Si se adiciona una pequeña cantidad de negro de ericromo o calmagita a una solución acuosa conteniendo iones calcio y magnesio a un pH de 10, la solución se torna de un color rojo vino. Si el EDTA es adicionado como titulante, el calcio y el magnesio serán acomplejados y cuando finalice este acomplejamiento la solución se tornará de rojo vino a celeste marcando el punto final de la titulación. Esta debe de durar al menos 5 minutos para evitar la precipitación del CaCO_3 .

La titulación debe de hacerse cerca de la temperatura de la habitación, si la muestra está con alta temperatura la descomposición del indicador es problemática. Un pH no adecuado debe de conducir a una precipitación del CaCO_3 .

2. Reactivos.

- a) Solución buffer HACH conteniendo agua destilada, ácido acético y aminometil propanol (estas soluciones que corresponden a la tecnología HACH ya vienen preparadas y estandarizadas).
- b) Indicador de dureza HACH que contiene NaCl, Silica y cloruro de hidrolamina.
- c) Solución titulante, EDTA, de HACH, con una concentración de 0.08 M

Todas estas soluciones están preparadas y estandarizadas por personal especializado y están diseñadas para aguas y aguas de desecho siguiendo estándares de calidad altos y basados en el "Standard Methods para aguas y aguas de desecho" 19ª edición.

3. Procedimiento

- a) *Preservación de la muestra:* después de tomada se conserva a una temperatura de 4 °C o menor y con HNO_3 como preservante, hasta que llegue a un pH de 2.
- b) *titulación de la muestra:* Se toma una cantidad de muestra que gaste menos de 15 mL de EDTA y que se titule en menos de 5 minutos. Después de la adición del buffer. Se toma la cantidad de muestra (25 mL aproximadamente) y se diluye a 50 mL con agua destilada, se agrega de 1 a 2 mL de solución buffer (regularmente 1 mL es suficiente para llevar la muestra a un pH de 10.0 a 10.1) posteriormente se le agrega el indicador a la muestra, ya que sino se le agrega el buffer antes de la titulación podría sufrir descomposición. Posteriormente adicionar estándar de EDTA, lentamente y con continua agitación hasta que el color rojo desaparezca y se llegue a un punto final con una coloración celeste. Se recomienda que se utilice luz blanca para la titulación y facilitar de esta manera la visualización de la coloración del punto final.

4. Cálculos.

$$\text{Dureza como mg de CaCO}_3 = \frac{A * B * 1000}{\text{mL.Muestra}}$$

Donde:

A: mL de EDTA utilizados en la titulación.

B: mg de CaCO₃ equivalente a un mL de EDTA titulado.

DETERMINACION DE NITRITOS

Método de Colorimétrico

1. Discusión General.

Principio.

Los nitritos (NO₂⁻) son determinados a través de la reacción con ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio, produciendo un pH entre 2 y 2.5. Esta mezcla se combina con ácido cromotrópico produciendo un complejo de color rosado proporcional a la cantidad de nitritos presentes en la muestra.

Interferencias.

Oxidantes fuertes y sustancias reductoras, iones de hierro y cobre interfieren dando resultados bajos, otros iones como los de mercurio, plata, antimonio, oro, cromoplatinato, bismuto, plomo y metavanadatos, causan precipitados, niveles elevados de nitratos (100 ppm de nitratos como Nitrógeno, N, o más), además hay que remover los sólidos por filtración.

Almacenamiento de la Muestra.

Nunca se debe utilizar ácido como preservante para las muestras en donde se analizarán nitritos. Realizar la determinación lo más pronto posible en muestras con poco tiempo de colectadas para prevenir la conversión bacteriana de nitritos a nitratos o amoníaco. Para preservarla de 1 a 2 días refrigerarlas a -20°C o almacenarlas a 4°C.

Equipo

- a) Espectrofotómetro, para utilizarlo a 543 nm dando un paso de luz de 1 cm o más.
- b) Cubetas de 25 mL para la reacción de la muestra.

Reactivo.

NitriVer[®] 3 de HACH, el cual contiene: Acido 1,2-Ciclohexanodiaminatetracético, sal trisódica, ácido cromotrópico, sal disódica; Fosfato monobásico de potasio; piro sulfato de potasio; sulfanilato de sodio.

Este reactivo está preparado y estandarizado por personal especializado y está diseñado para aguas y aguas de desecho siguiendo estándares de calidad altos y basados en tecnología HACH y en el “Standard Methods para aguas y aguas de desecho” 19^a edición.

Procedimiento.

- a) Se toman 25 mL con una pipeta volumétrica dispensándolos en una cubeta para su reacción.
- b) Se adicionan el reactivo NitriVer[®] 3 y se le da el tiempo necesario para la reacción que es de 20 minutos, mientras se desarrolla el color de la muestra.
- c) Se toman otros 25 mL de la muestra que se depositan en otra cubeta la cual se toma como blanco.
- d) Se coloca el blanco en el fotómetro y se presiona la tecla *zero*, cuando se encuentra el equipo listo y el tiempo de reacción transcurrido.
- e) Se coloca la muestra con el reactivo adicionado y se le da enter el equipo para su lectura.

Nota: El equipo puede leer la muestra como $\text{NO}_2^- \text{--N}$ que es lo que se muestra en la pantalla del equipo, y significa que se lee nitrito como nitrógeno, en cambio también se puede leer solamente como NO_2^- , esto se logra utilizando las flechas del equipo y cambiar de esta manera las opciones de lectura.

Cálculos.

Para esta metodología los cálculos no son necesarios ya que el aparato presenta en la pantalla en partes por millón la concentración de analito analizado.

Pero si se presenta en la pantalla como ppm de nitritos como nitrógeno ($\text{NO}_2^- \text{--N}$), se puede multiplicar por 3.2857 para transformarlo en el valor real de los nitritos de la siguiente manera:

$$\text{ppm NO}_2^- = \text{ppm (NO}_2^- \text{--N)} * 3.2857$$

La nota expuesta en el procedimiento se puede utilizar para facilitar al analista la lectura de la concentración del analito.

PAES Fecha:30/11/2000	DETERMINACION DE NITRITOS	
2	Método de Colorimétrico	Página 1 de

1. Discusión General.

Principio.

Los nitritos (NO_2^-) son determinados a través de la reacción con ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio, produciendo un pH entre 2 y 2.5. Esta mezcla se combina con ácido cromotrópico produciendo un complejo de color rosado proporcional a la cantidad de nitritos presentes en la muestra.

Interferencias.

Oxidantes fuertes y sustancias reductoras, iones de hierro y cobre interfieren dando resultados bajos, otros iones como los de mercurio, plata, antimonio, oro, cromoplatinato, bismuto, plomo y metavanadatos, causan precipitados, niveles elevados de nitratos (100 ppm de nitratos como Nitrógeno, N, o más), además hay que remover los sólidos por filtración.

Almacenamiento de la muestra.

Nunca se debe utilizar ácido como preservante para las muestras en donde se analizarán nitritos. Realizar la determinación lo mas pronto posible en muestras con poco tiempo de colectadas para prevenir la conversión bacteriana de nitritos a nitratos o amoníaco. Para preservarla de 1 a 2 días refrigerarlas a $-20\text{ }^\circ\text{C}$ o almacenarlas a $4\text{ }^\circ\text{C}$.

2. Equipo.

- a) Espectrofotómetro, para utilizarlo a 543 nm dando un paso de luz de 1 cm o más.
- b) Cubetas de 25 mL para la reacción de la muestra.

3. Reactivo.

NitriVer[®] 3 de HACH, el cual contiene: Acido 1,2-Ciclohexanodiaminatetracetico, sal trisodica; ácido cromotrópico, sal disódica; Fosfato monobásico de potasio; piro-sulfato de

potasio; sulfanilato de sodio.

Este reactivo está preparado y estandarizado por personal especializado y está diseñado para aguas y aguas de desecho siguiendo estándares de calidad altos y basados en tecnología HACH y en el “Standard Methods para aguas y aguas de desecho” 19ª edición.

PAES Fecha:30/11/2000	DETERMINACION DE NITRITOS	
2	Método de Colorimétrico	Página 2 de

4. Procedimiento.

- Se toman 25 mL con una pipeta volumétrica dispensándolos en una cubeta para su reacción.
- Se adicionan el reactivo NitriVer[®] 3 y se le da el tiempo necesario para la reacción que es de 20 minutos, mientras se desarrolla el color de la muestra.
- Se toman otros 25 mL de la muestra que se depositan en otra cubeta la cual se toma como blanco.
- Se coloca el blanco en el fotómetro y se presiona la tecla *zero*, cuando se encuentra el equipo listo y el tiempo de reacción transcurrido.
- Se coloca la muestra con el reactivo adicionado y se le da enter al equipo para su lectura.

Nota: El equipo puede leer la muestra como $\text{NO}_2^- \text{--N}$, que es lo que se muestra en la pantalla del equipo, y significa que se lee el nitrito como nitrógeno, en cambio también se puede leer solamente como NO_2^- , esto se logra utilizando las flechas del equipo y cambiar de esta manera las opciones de lectura.

5. Cálculos.

Para esta metodología los cálculos no son necesarios ya que el aparato presenta en la pantalla en partes por millón la concentración de analito analizado.

Pero si se presenta en la pantalla como ppm de nitritos como nitrógeno ($\text{NO}_2^- \text{--N}$), se puede multiplicar por 3.2857 para transformarlo en el valor real de los nitritos de la siguiente manera:

$$\text{ppm NO}_2^- = \text{ppm (NO}_2^--\text{N)} * 3.2857$$

La nota expuesta en el procedimiento se puede utilizar para facilitar al analista la lectura de la concentración del analito.

PAES Fecha:30/12/2000	DETERMINACION DE DETERGENTES	
de 5		Método de SAAM

1. Discusión General.

a) *Definición y Principio:* Las sustancias activas al azul de metileno (SAAM) provocan la transferencia de azul de metileno, coloración de cationes, de una solución acuosa en un líquido orgánico inmiscible en equilibrio. Esto ocurre a través de una formación de un par iónico por los aniones SAAM y el catión azul de metileno. La intensidad de l color azul resultante en la fase orgánica es una medida de SAAM. Los aniones surfactantes están entre las sustancias más prominentes, naturales y sintéticas, demostrando una actividad a la azul de metileno. El método SAAM es útil para estimar los surfactantes aniónicos que se encuentran presentes en aguas y aguas de desechos, pero existe la posibilidad de que existan de otro tipo de SAAM y se debe de ser cuidadoso a la hora del análisis.

El método es relativamente simple y preciso. Consta de tres extracciones sucesivas de un medio acuoso ácido conteniendo exceso de azul de metileno en cloroformo (CHCl₃), siguiendo con un lavado y medición del color azul en el CHCl₃ por espectrofotometría a una longitud de onda de 652 nm. El método es aplicable a concentraciones de SAAM que estén por debajo de 0.025 ppm.

b) *Interferencias:* Las interferencias positivas resultan de todas las especies de SAAM presentes; si se realiza la determinación directa de alguna especie individual de SAAM, así como el LAS, todas las demás interfieren. Sustancias como sulfonatos orgánicos, sulfatos, carboxilatos y fenoles, además tiocianatos inorgánicos, cianatos, nitratos y cloruros también pueden transferir mas o menos azul de metileno en la fase de cloroformo. Si existe una extracción pobre de los pares iónicos, la mas efectiva es el relavado acuoso por remoción de las interferencias positivas; la interferencia de cloruro es eliminada casi en su totalidad y de nitratos por varias lavadas. Ya que en la variedad de extracciones de los no surfactantes SAAM, desviaciones en el rango in CHCl₃ y el procedimiento de lavados puede dar diferencias significativas en el total de SAAM observados. Aunque recobrar surfactantes tipo sulfato y sulfonatos puede ser sustancialmente completos en todos los casos.

Las interferencias negativas pueden resultar de surfactantes catiónicos y otros materiales catiónicos, como aminas, ya que ellas compiten con el azul de metileno en la formación de

los pares iónicos. Las partículas madres pueden dar interferencias negativas a través de adsorción de SAAM. Aunque algunas de las SAAM absorbidas pueden ser desadsorbidas y desapareadas durante la extracción con CHCl_3 , la recuperación puede ser incompleta y variable.

Minimizar las interferencias por materiales no surfactantes por sublimación si es necesario. Otras formas de medir es sin estándares. Remover las interferencias de surfactantes catiónicos y otros materiales catiónicos por el uso de resinas de intercambio catiónico en condiciones aceptables. El soporte de adsorción de SAAM por partículas preferiblemente por filtración y análisis de insolubles. Con o sin filtración la adsorción puede ser inefectiva por una hidrólisis ácida; sin embargo, si está presente algún tipo de SAAM sulfato este puede ser destruido simultáneamente. Los sulfuros algunas veces presentes en materias primas o en tratamientos primarios de aguas de desechos, pueden reaccionar con el azul de metileno para formar productos incoloros de la reducción, haciéndose imposible la realización del análisis. Se deben eliminar esas interferencias por una preoxidación con peróxido de Hidrógeno (H_2O_2).

c) *Peso Molecular*: el resultado del análisis puede ser expresado de formas diferentes, en términos de peso en vez de cuantificarlo en forma molar. Cantidades molares equivalentes de dos surfactantes aniónicos con diferente peso molecular deberían de dar substancialmente coloración igual en la capa de CHCl_3 , aunque las cantidades por pesos pueden diferir significativamente. Si el resultado esta siendo expresado por peso, como generalmente es deseado, el peso molecular promedio de los surfactantes medidos deben ser conocidos o se debe hacer una curva de calibración la cual debe de ser utilizada con el compuesto analizado. El reporte de los resultados Se debe expresar a partir de una curva de calibración hecha con estándares, por ejemplo 0.65 mg SAAM / L (calculado como LAS, peso molecular de 318).

d) *Cantidad Mínima Detectable*: Aproximadamente 10 μg SAAM (calculadas como LAS).

e) *Aplicaciones*: El método de las SAAM puede ser aplicado sucesivamente en aguas de consumo. En aguas de desechos, desechos industriales y sedimentos, numerosos materiales normalmente presentes pueden interferir si se intenta la determinación directa de SAAM. La mayoría de las interferencias de los no surfactantes en la fase acuosa pueden ser removidas por sublimación.

2. Aparatos.

a) *Espectrofotómetro*, que posea una longitud de onda de 652 nm, con un paso de luz de 1 cm o mas grande.

b) *Embudos de Separación*, de un volumen de 500 mL, preferiblemente con válvula y tapón inerte de TFE.

3. Reactivos.

a) *Solución stock de LAS*: Pesar una cantidad de material de referencia igual a 1 g de LAS en una base activa al 100%. Disolver en agua y diluir a 1000 mL; 1 mL= 1 mg de LAS. Guardar en refrigeración para minimizar la biodegradación. Si es necesario **prepararla semanalmente**.

b) *Solución Estándar de LAS*: tomar una alícuota de 10 mL de solución stock de LAS y aforar a 1000 mL, 1 mL= 10µg de LAS. **Prepararlo diariamente**.

c) *Solución indicadora de fenolftaleína* preparada con alcohol.

d) *Hidróxido de Sodio*, NaOH 1N.

e) *Acido Sulfúrico*, H₂SO₄ 1N y 6N.

f) *Cloroformo*, CHCl₃ : **Precaución** el cloroformo es tóxico y se sospecha que posee carácter carcinógeno. Tomar las medidas adecuadas contra la inhalación y la exposición a los vapores.

g) *Reactivo de azul de metileno*: Disolver 100 mg de azul de metileno en 100 mL de agua. Transferir 30 mL a un frasco de 1000 mL. Adicionar 500 mL de agua, 41 mL de H₂SO₄ 6N y 50 g de fosfato de sodio monobásico monohidratado, NaH₂PO₄·H₂O. Mezclar hasta disolver. Diluir a 1000 mL.

h) *Solución de Lavado*: Adicionar 41 mL de H₂SO₄ 6N a 500 mL de agua en un frasco de 1000 mL y adicionar 50 g de NaH₂PO₄·H₂O. Mezclar hasta disolver. Diluir a 1000 mL.

i) *Alcohol Metílico*: CH₃OH, **Precaución**: Los vapores de alcohol metílico son inflamables y tóxicos; Tomar las precauciones adecuadas.

j) *Peróxido de Hidrógeno*: H₂O₂, 30%.

k) *Lana de vidrio*: Preextracción con CHCl₃ para remover interferencias.

l) *Agua, grado reactivo, libre de SAAM*. Utilizarla para hacer todos los reactivos y diluciones.

4. Procedimiento.

a) *Preparación de la curva de calibración*: Preparar una serie de 10 embudos de separación con 0, 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13, 15 y 20 mL de solución estándar de LAS. Agregar el agua suficiente para hacer un volumen total de 100 mL en cada embudo de separación. Tratar cada estándar como se describe en 4d y 4e siguientes, y plotear una curva de calibración de absorbancia vrs microgramos de LAS tomados, especificando el peso molecular del LAS utilizado.

b) *Tamaño de la muestra*: Para análisis directos de aguas y aguas de desecho, seleccionar el volumen de la muestra en base a la concentración de SAAM esperada:

Concentració de SAAM esperada	Alicuota de muestra
mg / L	mL
0.025 - 0.080	400
0.08 - 0.40	250
0.4 - 2.0	100

Si la concentración de SAAM esperada sobrepasa los 2.0 mg / L, hacer una dilución que contenga entre 40 y 200 µg de SAAM en 100 mL con agua.

c) *Tratamiento con Peróxido:* Si es necesario para evitar decoloración del azul de metileno por sulfhídrico, adicionar unas gotas de H₂O₂ al 30%.

d) *Formación de pares y extracción:*

1. Adicionar la muestra al embudo de separación. Hacer el medio alcalino por medio de la adición cuidadosa de gotas de NaOH 1N, utilizando fenolftaleina como indicador. Eliminar el color rosado por adición de H₂SO₄ 1N.
2. Adicionar 10 mL de CHCl₃ y 25 mL de reactivo de azul de metileno. Agitar vigorosamente por 30 segundos y dejar que las dos fases se separen. Al mismo tiempo, colocar una barra de agitación magnética en el embudo de separación, colocarlo de lado en un agitador magnético y ajustar la velocidad de agitación y producir de esa manera un movimiento de balanceo. La agitación excesiva puede causar la formación de emulsión. Si estas persisten se pueden romper con la adición de un pequeño volumen de alcohol isopropílico (<10 mL); adicionando la misma cantidad de alcohol isopropílico a todos los estándares. Algunas muestras requieren un largo periodo para la separación de las fases que otras. Antes de drenar la capa de CHCl₃, mezclar con movimientos circulares cuidadosamente, entonces dejar que se asiente.
3. Separar la capa de CHCl₃ en un segundo embudo de separación. Lavar el tubo de drenaje del primer embudo de separación con una pequeña cantidad de CHCl₃. Repetir la extracción dos veces más, utilizando 10 mL de CHCl₃ en cada una. Si el color azul en la capa de agua es débil o desaparece, descartar y repetir el análisis utilizando una cantidad de muestra más pequeña.
4. Combinar todos los extractos de CHCl₃ en el segundo embudo de separación. Adicionar

50 mL de solución de lavado y agitar vigorosamente por 30 segundos. No hay formación de emulsión en esta etapa. Dejarla reposar, mezclar con movimientos circulares y dejarla caer a un frasco volumétrico de 100 mL a través de un embudo que contenga lana de vidrio. Filtrada debe de ser clara. Extraer la solución de lavado con 10 mL de CHCl₃ cada una y adicionar a través de la lana de vidrio. Lavar la lana de vidrio y el embudo de separación con CHCl₃. Colectar los lavados en un frasco volumétrico, diluir hasta la marca con CHCl₃ y mezclarlo bien.

e) *Medición:* Determinar la absorbancia a 652 nm contra un blanco de CHCl₃.

5. Cálculos.

De la curva de calibración (4a) leer los microgramos de LAS (peso molecular) aparente correspondiente a la medida de absorbancia.

$$\text{mg SAAM / L} = \frac{\mu\text{g LAS aparente}}{\text{mL de muestra}}$$

Reportado como SAAM, calculado como LAS, peso molecular.

6 Precisión y Tendencia.

Una muestra sintética conteniendo 270 µg de LAS/L en agua destilada fue analizada en 110 laboratorios con una desviación estándar relativa de 14.8 % y un error relativo de un 10.6%. Una muestra de agua de chorro a la cual se le adicionaron 480 µg de LAS/L fue analizada en 110 laboratorios con una desviación estándar de 9.9 % y un error relativo de 10.6 %. Una muestra de agua de río con 2.94 mg LAS/L adicionados fue analizada en 110 laboratorios con una desviación estándar relativa de 9.1 y un error relativo de 1.4%.

PAES 30/12/2000	DETERMINACION DE SOLIDOS SEDIMENTABLES	Fecha:
1	Método Volumétrico	Página 1 de

1. Discusión General.

Los sólidos sedimentables en aguas superficiales y salinas así como en aguas de desecho domésticas e industriales pueden ser determinados y reportados fundamentalmente como volumen en mililitros por litro (mL/L) o en peso de miligramos por litro(mg/L).

2. Aparatos.

Para el análisis volumétrico se requieren solamente conos Imhoff y para el análisis gravimétrico se requieren más aparatos y material los cuales no son necesario citarlos en esta metodología.

3. Procedimiento.

Llenar un cono imhoff hasta la marca de un litro con la muestra bien agitada. Dejar sedimentar por 10 minutos y tomar la primera lectura y dejarlos por 30 minutos más, posteriormente agitar suavemente la muestra cerca de los lados del cono con un agitador o con movimientos giratorios al cono, dejar sedimentar un máximo de 15 minutos más, y tomar esos datos del volumen de los sólidos que sedimentaron en el cono como mL / L para los dos tiempos medidos. Si existe líquido retenido entre partículas grandes sedimentadas, estimar un volumen y restarlo posteriormente al volumen obtenido. El límite menor práctico de la medida depende de la composición de la muestra y generalmente es en el rango de 0.1 a 1 mL / L Cuando ocurre una separación entre materia sedimentable y material que flota no hay que tomar en cuenta la materia flotante como materia sedimentable. *Las replicas usualmente no son requeridas.*

4. Cálculos.

Para esta metodología no son necesarios los cálculos ya que los conos imhoff son graduados realizando la medición en forma de volumen directamente.

5. Precisión.

Este dato no se ha obtenido hasta ahora según el “Methods Standard for Examination of Water and Wastewater” en su 19th edición, 1995.

PAES 30/12/2000	DETERMINACION DE SOLIDOS SUSPENDIDOS	Fecha:
	Método de Filtración por Membrana	Página 1 de

1

1. Principio.

Determinación de los sólidos suspendidos a través de la filtración de la muestra por un filtro de nitrocelulosa. La cantidad de sólidos es determinada por la diferencia de peso antes y después del análisis.

2. Equipo.

- Un Kitazato.
- Una bomba de vacío.
- Un papel filtro de nitrocelulosa de 0.22 µm.
- Un aparato de filtración.

3. Procedimiento.

- Se pesa el filtro, este no se debe de tocar con las manos para evitar la variación en el peso, y se arma el aparato de filtración con la membrana de nitrocelulosa y la bomba de vacío.
- Se toma un volumen de muestra, que se elige dependiendo de la cantidad de sólidos suspendidos que posean, y se depositan en el aparato de filtración.
- Se coloca la bomba y se procede al filtrado, para que posteriormente con sumo cuidado y sin tocar el filtro se separe del aparato y se deje secar en una estufa a 103°C aproximadamente, para que finalmente se dejan enfriar en un desecador para que posteriormente se tome su peso final.

4. Cálculos.

$$\text{mg de sólidos suspendidos/L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{Lt. Muestra}}$$

Donde:

A: Peso de la membrana de nitrocelulosa + muestra (g).

B: Peso de la membrana de nitrocelulosa (g).

PAES 30/12/2000	DETERMINACION DE SOLIDOS TOTALES	Fecha:
3	Método gravimétrico	Página 1 de

1) Discusión General

Principio

Una muestra de una mezcla es evaporada en un recipiente pesado y secado hasta llegar a un peso constante en un horno a una temperatura entre 103 a 105°C. El incremento en peso

sobre el recipiente vacío representa los sólidos totales. El resultado no debe representar el peso de sólidos suspendidos y disueltos en nuestras aguas de desechos.

Interferencias.

Aguas altamente mineralizadas con una significativa concentración de calcio, magnesio, cloro y/o sulfatos puede ser higroscópica y requiere un secado mas prolongado, secado apropiado y pesar inmediatamente. Un prolongado aislamiento, partículas flotantes o grumos inmersos de material no homogéneo de la muestra son determinantes para la inclusión del resultado en el reporte final. Si existe aceite visible flotando y grasa se puede dispersar con una licuadora y posteriormente sacar una porción de muestra para análisis.

Debido al excesivo residuo en las paredes del recipiente puede crear un entrapamiento de agua, el límite de residuo en una muestra es de 200mg.

2) Aparatos.

a) Recipientes de evaporación.

Recipientes con una capacidad de 100 mL, hechos de los siguientes materiales:

- Porcelana, 90 mm de diámetro.
- Platino, generalmente satisfactorio para todos los propósitos.
- Vidrio de Sílica.

b) Horno tipo mufla para operaciones con temperatura de 550°C.

c) Baño de vapor.

d) Desecador: con un material desecante conteniendo un indicador de color que muestre la medida de contaminación o un instrumento indicador.

e) Horno secador, para operar entre los 103-105°C.

f) Balanza analítica, con capacidad de 0.1 mg.

g) Agitador magnético con su barra TFE.

h) Soporte de pipeta.

3) Procedimiento.

a) Preparación del recipiente de secado.

Si los sólidos volátiles serán medidos por ignición limpiar el recipiente evaporando a 550°C por 1 hora en un horno tipo mufla. Si solamente los sólidos totales serán medidos, calentar el recipiente limpio entre 103 a 105°C por 1 hora. Guardar y enfriar los recipientes en el desecador lo necesario. Pesar inmediatamente antes de utilizarlas.

b) Análisis de la muestra.

Elegir un volumen de muestra que produzca un residuo entre 10 y 200 mg. Cuando muy pocos sólidos totales son encontrados (menos de 10 mg/L), menos residuo puede ser colectado y compensarlo con una balanza de alta sensibilidad (0.002mg).

Pipetear un volumen de muestra bien mezclada a un recipiente prepesado y evaporado secándose en un baño de vapor o en horno secador. Mezclar bien la muestra con un agitador magnético durante la transferencia. Si es necesario agregar porciones de muestra sucesivas al mismo después de la evaporación. Cuando la evaporación se hace en un horno secador, la temperatura debe de ser inferior aproximadamente 2°C sobre el punto de ebullición para evitar salpicaduras. Secar evaporando la muestra por menos de 1 hora en un horno a 103-105°C, enfriar el recipiente en el desecador para balancear la temperatura y pesar. Repita el ciclo de pesado enfriando, desecado y pesado hasta que un peso constante sea obtenido o hasta que la variación del peso sea menor que el 4% de el peso anterior o 0.5 mg., ambas son menores.

Cuando se pesa la muestra seca estar alerta en el cambio de el peso esperado por causa de la exposición al aire y/o degradación de la muestra. La determinación de duplicados deberían encontrarse sin un 5% de su promedio.

4) Cálculos.

$$\text{mg sólidos totales} / \text{L} = \frac{(\text{A-B}) * 1000}{\text{volumen de muestra (mL)}}$$

Donde:

A : Peso del residuo seco mas recipiente en mg.

B : Peso del recipiente en mg.

5) Precisión.

Un laboratorio realizó por duplicado 41 muestras de agua y agua de desechos obteniendo una diferencia de desviación estandar de 6.0 mg/L.

6) Bibliografía.

* Symons, G.E. & B. Morey. 1941. The effect of drying time on the determination of solid in sewage and sewage sludges. Sewage Works J. 13:936.

DETERMINACION DE NITRATOS

Método de Reducción con Cadmio

1. Discusión General.

Principio.

EL metal de cadmio reduce a los nitratos presentes en la muestra a nitritos. El ión nitrito reacciona en medio ácido con el ácido sulfanílico para formar una sal intermedia de diazonio. Esta sal se acopla con el ácido gentísico para dar un producto de coloración ámbar.

Interferencias

Oxidantes fuertes y sustancias reductoras, iones de hierro interfieren dando resultados altos, las concentraciones de cloruro de 100 ppm causan resultados bajos. Esta prueba puede ser utilizada para muestras con alto contenido de cloruros, como agua de mar, utilizando una solución estándar de la misma concentración que la muestra.

Almacenamiento de la muestra.

Para preservarla de 1 a 2 días refrigerarlas a 20°C o almacenarlas a 4°C. Dejar que la muestra tome la temperatura ambiente de la habitación antes de realizar el ensayo. Si se quiere almacenar la muestra por 14 días o más se debe ajustar el pH a 2 o menos con ácido sulfúrico.

Equipo

- a) Espectrofotómetro, para utilizarlo a 543 nm dando un paso de luz de 1 cm o más.
- b) Cubetas de 25 mL para la reacción de la muestra.

Reactivo.

NitraVer[®] 5 de HACH, el cual contiene: Cadmio, ácido gentísico, Sulfato de magnesio, fosfato monobásico de potasio, ácido sulfanílico.

Este reactivo está preparado y estandarizado por personal especializado y está diseñado para aguas y aguas de desecho siguiendo estándares de calidad altos y basados en tecnología HACH y en el “Standard Methods para aguas y aguas de desecho” 19^a edición.

Procedimiento.

- a) Se toman 25 mL con una pipeta volumétrica dispensándolos en una cubeta para su reacción.
- b) Se adicionan el reactivo NitriVer[®] 3 y se le da el tiempo necesario para la reacción que es de 20 minutos, mientras se desarrolla el color de la muestra.
- c) Se toman otros 25 mL de la muestra que se depositan en otra cubeta la cual se toma como blanco.
- d) Se coloca el blanco en el fotómetro y se presiona la tecla *zero*, cuando se encuentra el

- equipo listo y el tiempo de reacción transcurrido.
- e) Se coloca la muestra con el reactivo adicionado y se le da enter el equipo para su lectura.

Nota: El equipo puede leer la muestra como $\text{NO}_3^- \text{--N}$ que es lo que se muestra en la pantalla del equipo, y significa que se lee nitrato como nitrógeno, en cambio también se puede leer solamente como NO_3^- , esto se logra utilizando las flechas del equipo y cambiar de esta manera las opciones de lectura.

Cálculos.

Para esta metodología los cálculos no son necesarios ya que el aparato presenta en la pantalla en partes por millón la concentración de analito analizado.

Pero si se presenta en la pantalla como ppm de nitritos como nitrógeno ($\text{NO}_2^- \text{--N}$), se puede multiplicar por 3.2857 para transformarlo en el valor real de los nitritos de la siguiente manera:

$$\text{ppm NO}_2^- = \text{ppm (NO}_2^- \text{--N)} * 4.427$$

La nota expuesta en el procedimiento se puede utilizar para facilitar al analista la lectura de la concentración del analito.

PAES Fecha:30/12/2000	DETERMINACION DE DEMANDA	
	BIOQUIMICA DE OXIGENO A LOS 5 DIAS	Página 1 de

7

1. Principio

El método consiste en llenar con muestra, hasta el rebalse, una botellita hermética de tamaño específico e incubar a una temperatura específica durante 5 días. El oxígeno disuelto es medido inicialmente y al final de la incubación y el DBO es calculado de la diferencia entre el inicial y el oxígeno disuelto final. El oxígeno disuelto inicial es medido inmediatamente se ha realizado la dilución, todo el oxígeno que sale, incluido el que ocurre durante los primeros 15 minutos es incluido en la DBO medido.

2. Muestreo y Almacenamiento

Las muestras para el análisis de DBO pueden degradarse durante el almacenamiento, colecta y análisis resultando valores bajos de DBO. Minimizar la reducción de DBO con el pronto análisis de las muestras o almacenarlas con enfriamiento cerca del punto de congelación. Pero antes del análisis llevar las muestras a una temperatura de 20° C.

Toma de muestras.

Si el análisis es realizado después de dos horas de colectada es innecesario el almacenamiento en frío. Si el análisis no es comenzado después de dos horas de colectada la muestra se debe almacenar la muestra a una temperatura menor a 4° C desde el tiempo de colección. Comenzar el análisis después de seis horas de colectada la muestra, cuando esto no es posible ya que el lugar de muestreo es alejado del laboratorio guardarlas a una temperatura debajo de 4° C y reportar la longitud y la temperatura de almacenamiento, en caso de comenzar el análisis después de 24 horas de colectada la muestra. Cuando las muestras son utilizadas para propósitos regulares hacer todo lo posible por mandar las muestras para análisis con 6 horas o menos después de haberlas colectado.

3. Aparatos

- a. *Botes de incubación de 250 a 300 mL.* Limpiarlos con detergentes, enjuagarlos y vaciar completamente antes de usar.
Como precaución utilizar un sello de agua durante su traslado e incubación, colocar un papel plástico sobre la boca del frasco para evitar la evaporación de el sello de agua durante la incubación.
- b. *Incubadora de Aire o Baño de Agua.* Estas tienen que estar termostáticamente controladas a $20 \pm 1^\circ$ C. Evitar toda la entrada de luz para prevenir la posibilidad de fotosíntesis y de esta manera la producción de oxígeno.

4. Reactivos

- a. *Solución Buffer de Fosfatos.* Disolver 8.5 gm. De KH_2PO_4 , 21.75 gm de K_2HPO_4 , 33.4 gm de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 7.1 gm. De NH_4Cl en 500 mL de agua destilada aproximadamente y
- b. diluir a 1000 mL. El pH debe de ser de 7.2 sin ajustar. Descartar el reactivo o alguno de los siguientes si existe algún tipo de crecimiento biológico e la solución stock.
- c. *Solución de MgSO_4* disolver 22.5 gm. De $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y aforar hasta 1000 mL.
- d. *Solución de CaCl_2* disolver 27.5 gm. De CaCl_2 en agua destilada y diluir a 1000 mL.

- e. *Solución de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$* disolver 0.25 gm. de $FeCl_3 \cdot 6H_2O$ y disolver en agua destilada y diluir a 1000 mL.
- f. *Soluciones álcalis y ácidas, 1 N para neutralizar.* Para la solución **Alcali** disolver 40 gm. de NaOH en agua destilada y aforar a 1000 mL. Y para la solución **Acida** suavemente y mientras se agita adicionar 28 mL de H_2SO_4 concentrado en agua destilada y aforar a 1000 mL.
- g. *Solución de Na_2SO_3 ,* disolver 1.575 gm. de Na_2SO_3 en 1000 mL de agua destilada. Esta solución no es estable, **prepararla diariamente.**
- h. *Inhibidor de Nitrificación* 2-cloro-6-(trichloromethyl) pyridina.
- i. *Glucosa- Acido Glutámico,* secar la glucosa y el ácido glutámico grado reactivo a 103° C por 1 hora. Adicionar 150 mg. de glucosa y 150 mg. de ácido glutámico a el agua destilada y diluir a 1000 mL. **Preparar la solución fresca antes de usar.**
- j. *Solución de NH_4Cl ,* disolver 1.15 gm. de NH_4Cl en 500 mL de agua destilada aproximadamente, ajustar el pH a 7.2 con solución de NaOH y diluir a 1000 mL. La solución contiene 0.3 mg N/mL.

5. Procedimiento

Preparación del Agua de Dilución.

Colocar un volumen deseado de agua en un frasco conveniente y adicionar 1 mL de cada solución del buffer de fosfatos, $MgSO_4$, $CaCl_2$ y $FeCl_3$ por litro de agua de dilución. Antes de utilizarla llevarla a una temperatura de 20° C, saturada con oxígeno disuelto por batido o por aireación con aire pasado por un filtro para liberarlo de compuestos orgánicos. Alternativamente se guarda en frascos tapados con algodón lo suficiente para que se llegue a saturar con oxígeno.

Chequeo del Agua de Dilución.

Si el oxígeno se agota de una agua que excede los 0.2 mg/L se obtiene un agua satisfactoria, mejorando la purificación de otra fuente.

Chequeo del almacenamiento del agua de dilución en uso, pero no adicione agua de siembra para mejorar la calidad.

El almacenamiento no es recomendado cuando el DBO debe de ser determinado sin inhibidor de nitrificación ya que los organismos nitrificantes deben desarrollarse durante el almacenamiento. Chequear el almacenamiento si existe suficiente amonio después de este, sino adicionar cloruro de amonio en un total de 0.45 mg amonio / L como nitrógeno. Si el agua de dilución no ha sido guardada para mejorar la calidad adicionar el suficiente material de sembrado para producir oxígeno disuelto de 0.05 a 0.1 mg/L en 5 días a 20° C.

Incubar una botella de DBO llena de agua de dilución el mismo tiempo a la misma temperatura. Determinar el oxígeno disuelto producido y este no debería ser mas de 0.2 mg/L y preferiblemente no más de 0.1 mg/L.

Chequeo de Glucosa-Acido Glutámico.

La prueba de DBO es un bioensayo que puede ser influenciado por la presencia de tóxicos o por el uso de un material pobre en inóculo. El agua destilada frecuentemente es contaminante de cobre. Algunas aguas de cloacas inoculadas son inactivas. En general para determinar DBO uno requiere un inóculo adaptado o sea una mezcla de 150 mg de glucosa/L y 150 mg de ácido glutámico/L como una solución estándar.

La glucosa tiene un excepcionalmente alto y variable rango de oxidación pero cuando es utilizado con ácido glutámico el rango de oxidación es estable y es similar al que se obtiene con diferentes desechos municipales. Alternativamente, si una si una agua de desecho particular contiene un mayor constituyente identificable que contribuya al DBO se puede utilizar ese compuesto en lugar del ácido glutámico y glucosa.

Determinar en 5 días a 20° C DBO de un 2% de glucosa-ácido glutámico de la solución de chequeo estándar.

Fuente de inóculo.

Es necesario para tener presentes una cantidad de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable en la muestra. El agua de desecho doméstica, no clorada o de alguna fuente sin desinfectar de plantas de tratamientos de desechos biológicos y de aguas superficiales que reciben descargas de aguas de desechos conteniendo una población microbiológica satisfactoria. Los inóculos preferidos son los que provienen de afluentes de sistemas de procesos de tratamientos de desechos biológicos.

Algunas muestras contienen materiales no degradables y porcentajes normales de microorganismos en agua de desechos domésticos. Cada muestra inoculada con una población microbiologicamente adaptada obtenida de un afluente desinfectado del proceso de tratamientos de desechos biológicos. En ausencia de este se obtiene el inóculo de aguas a unos 3 a 8 kilómetros debajo de la descarga.

Cuando el origen del inóculo no esta disponible, desarrollarlo o adaptarlo en laboratorio por aireación continua a una muestra de agua de desechos doméstico estable y además adicionar pequeños incrementos de desechos diariamente. Opcionalmente se podría tener una suspensión sólida o sedimento activado o también una preparación de inóculo comercial para obtener la población microbiológica inicial.

Control de Inóculo.

Determinar el DBO del material inoculado de la misma manera como a la muestra. De los valores del control del inóculo y una dilución desconocida de material inoculado (en agua de dilución) determinar el oxígeno disuelto que desprende. Idealmente el oxígeno disuelto de la muestra con el inóculo debe de dar los valores más altos, bajo el 50% de

oxígeno disuelto desprendido. Un ploteo de oxígeno disuelto desprendido en mg/L vrs mL de inóculo debería de presentar una línea recta y de esta manera presentar la pendiente. El intercepto del oxígeno disuelto en el eje causado por el agua de dilución y debería ser menor de 0.1 mg/L.

El oxígeno disuelto que se desprende del agua de dilución debería estar entre 0.6-1 mg/L.

Pretratamiento de la Muestra.

1. Muestras conteniendo álcalis o ácido, neutralizarlas hasta un pH entre 6.5-7.5 con solución de H_2SO_4 o $NaOH$ de igual fuerza tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra mas del 0.5%. El pH del agua de dilución inoculada no debe de ser afectada por la más baja dilución de la muestra.
2. Muestras conteniendo compuestos de cloro residual evitarlas por muestreo, el cloro residual no se detectan cuando el agua esta siendo clorada. Si el cloro residual está presente desclorar la muestra e inocular en el agua de dilución. Para muestras en donde el cloro residual no se ha disipado en un corto tiempo razonable destruirlo por adición de Na_2SO_3 . Determinar el volumen de sulfito requerido en una porción entre 100 a 1000 mL de muestra neutralizada por adición de 10 mL de ácido acético 1+1 ó 1+50 de ácido sulfúrico; 10 mL de KI al 10% p/v por una porción de 1000 mL y titular con Na_2SO_3 para el almidon-yodo hasta llegar al punto final del cloro residual.
3. Muestras conteniendo otros contaminantes, ciertos desechos industriales por ejemplo desechos platinados, metales tóxicos. Y algunas muestras requieren especial estudio y tratamiento.
4. Muestras supersaturadas con oxígeno disuelto con mas de 9 mg/L a 20° C se encuentran en aguas frías o donde se realicen fotosíntesis. Para prevenir la pérdida de oxígeno durante la incubación de cada muestra reducir el oxígeno disuelto trasladando la muestra a mas o menos 20° C y la botella parcialmente llena mientras se agita vigorosamente o por aireación con aire comprimido limpio y filtrado.
5. Ajuste de temperatura de la muestra a 20°C ± 1°C antes de hacer la dilución.
6. Inhibición de Nitrificación, esta se realiza adicionando 3 mg de 2-cloro-6-(triclorometil) pyridina (TCMP) para cada bote de 300 mL antes de taparlos o agregar una suficiente

cantidad de agua de dilución para hacer una concentración final de 10 mg/L. (el TMPC puro puede ser disuelto lentamente y puede flotar en la superficie de la muestra. Algunas formulaciones comerciales se disuelven mas rápidamente pero no es 100% TCMP, ajustar la dosis de acuerdo al porcentaje).

Técnica de Dilucion.

Dilución resultante de un oxígeno disuelto residual menor de 1 mg/L y un oxígeno

disuelto producido sea menor de 2 mg/L después de 5 días de incubación da resultados mas confiables. Hacer algunas diluciones de muestras preparadas para obtener el oxígeno disuelto producido en este rango.

La experiencia con una muestra particular permitirá usar un menor número de diluciones. Un análisis mas rápido como el DQO puede servir como guía para seleccionar las diluciones ya que puede dar valores aproximados de DBO.

En ausencia de datos anteriores utilizar las siguientes diluciones: 0.0 a 1 % para desechos industriales fuertes, 1^a 5 % para aguas de desecho, de 5 a 10 % para afluentes tratados biológicamente y de 25 a 100 % para aguas de ríos contaminados.

Preparar cualquier dilución en frascos cilíndricos graduados y posteriormente transferir a frascos de DBO y prepararlas directamente en estos frascos. Cualquier dilución puede ser combinada con cualquier técnica de medición de oxígeno disuelto. El número de frascos ha ser utilizados depende de la técnica de oxígeno disuelto y el número de replicas deseadas.

Cuando el sembrado es necesario adicionar el inóculo al agua de dilución o a los frascos individualmente antes de diluir.

Preparación de Dilución en Frascos de DBO Directamente.

Utilizando una pipeta volumétrica adicionar una cantidad de muestra deseada a cada frasco de DBO de

capacidad conocida. Adicionar una cantidad adecuada de material de inoculación a cada frasco o de agua de dilución. Llenar los frascos con suficiente agua y con inóculo si es necesario, así que la inserción del tapón sellador desplazará todo el aire quedando sin burbujas. Para diluciones más grandes que 1:100 hacer una dilución primaria en un cilindro graduado antes de la dilución final en el frasco.

Cuando se utiliza el método iodométrico titrimétrico para oxígeno disuelto sellar el segundo frasco herméticamente con sello de agua e incubar 5 días a 20° C. Si es el método del electrodo de membrana el que es utilizado para medir el oxígeno disuelto preparar un frasco de DBO para cada dilución.

Determinar el oxígeno disuelto inicial en ese frasco y reemplazar el contenido desplazado con agua de dilución para llenar el frasco, sellarlo con tapón hermético de agua e incubar 5 días a 20°C.

Enjuagar el electrodo de oxígeno disuelto entre cada determinación para prevenir la contaminación cruzada de la muestra.

Determinación de Oxígeno Disuelto Inicial.

Si la muestra contiene material que reaccione rápidamente con el oxígeno disuelto, determinar el oxígeno inmediatamente después de llenado los frascos de DBO con la muestra diluida. El desprendimiento de oxígeno rápido es insignificante, el periodo de tiempo entre preparación de la dilución y medida inicial no es crítica.

Usar la modificación ácida del método iodométrico o del método de electrodo de membrana para determinar el oxígeno disuelto inicial en todas las diluciones de muestras, diluciones del blanco de control y donde sea apropiado un control de inóculo.

Blanco de Agua de Dilución.

Usar un blanco de agua de dilución como un chequeo en calidad sin inóculo. Junto con cada lote de muestras incubadas en frascos de agua de dilución sin inocular. Determinar el oxígeno disuelto inicial y final. El oxígeno disuelto obtenido no debe de ser mas que el 0.2 mg/L y preferiblemente no más de 0.1 mg/L.

Incubación.

Incubar a $20^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ en frascos conteniendo la dilución deseada, control de inóculo y blanco de agua de dilución con sello de agua.

Determinación de Oxígeno Disuelto Final.

Después de 5 días de incubación, determinar el oxígeno disuelto en las diluciones de muestras, blancos y chequeos.

6. Cálculos

Cuando la dilución no está incluida:

$$\text{DBO}_5 = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Cuando el agua de dilución está inoculada:

$$\text{DBO}_5 = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

Donde:

D_1 : Oxígeno disuelto de muestra diluida inmediatamente después de la preparación de la dilución; mg/L.

D_2 : Oxígeno disuelto de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C ; mg/L.

P : Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

B₁: Oxígeno disuelto de control con inóculo antes de la incubación ; mg/L.

B₂: Oxígeno disuelto de control con el inóculo después de la incubación; mg/L.

f: Se calcula dividiendo el % de inóculo en la muestra diluida entre el % de inóculo en el control con inóculo.

PAES Fecha:30/12/2000	NITROGENO AMONIACAL	
	Destilación de la Muestra	Página 1 de

3

1. Discusión General.

La muestra es amortiguada hasta un pH de 9.5 por medio de la adición de un buffer de borato reduciendo la hidrólisis de los cianatos y compuestos orgánicos nitrogenados. Es destilada en una solución de ácido bórico cuando se utilice una titulación o en H₂SO₄ cuando el método del fenato es utilizado. El amoníaco en la destilación puede ser determinado colorimétricamente, por el método del fenato o titrimétricamente con un estándar de H₂SO₄ y un indicador mixto o un pHmetro. La elección entre el método colorimétrico y el acidimétrico depende de la concentración del amoníaco. El amoníaco en el destilado también puede ser determinado por medio de un electrodo selectivo de amoníaco, utilizando H₂SO₄ 0.04 N como trampa de amoníaco.

2. Aparatos.

a. Aparato de destilación: Instalar un frasco de vidrio con borosilicato de una capacidad entre 800 y 2000 mL con un condensador vertical que posea una punta de salida que pueda ser colocada bajo la superficie de la solución ácida que recibe al condensado. Utilice aparatos de borosilicatos o una unidad condensadora de bloques de estaño o aluminio.

b. Medidor de pH.

3. Reactivos.

a. Agua libre de amoníaco: Prepararla por los métodos intercambio iónico o por destilación.

1. *Intercambio Iónico:* Preparar agua libre de amoníaco pasando agua destilada a través de una columna de intercambio iónico conteniendo una mezcla de resinas de intercambio catiónico ácida y una aniónica básica. Seleccionar resinas que remuevan compuestos orgánicos que interfieren con la determinación de amoníaco. Algunas resinas de intercambio aniónico tienden a liberar amoníaco. Si esto ocurre, preparar agua libre de amoníaco con resinas de intercambio catiónico fuertemente acidificadas. Regenerar la columna de acuerdo a las instrucciones del distribuidor. Controlar con agua libre de amoníaco si se registran valores altos en el blanco.

2. *Destilación:* Eliminación de trazas de amoníaco en agua destilada por la adición de 0.1 mL de H_2SO_4 concentrado por litro de agua y redestilar. Alternativamente, el tratamiento de agua destilada con suficiente agua de cloro o bromo para producir halógenos residuales libres de 2 a 5 mg/L y redestilar, y reposar como mínimo 1 hora. Controlar el agua redestilada si registra valores altos de amoníaco.

Es difícil guardar agua libre de amoníaco en el laboratorio sin que se contamine de amoníaco gaseoso. Sin embargo, si el almacenamiento es necesario, guardar en un contenedor herméticamente sellado con

tapón de vidrio adicionándole aproximadamente 10 g de resina de intercambio iónico, preferiblemente resina de intercambio catiónico fuertemente acidificada por Litro de agua libre de amoníaco. Para utilizarla, dejar que la resina repose en el fondo del recipiente y posteriormente decantar el agua libre de amoníaco. Si el valor de amoníaco en el blanco detectado es alto, reemplazar las resinas o preparar mas agua libre de amoníaco.

Utilizar agua destilada libre de amoníaco para la preparación de los reactivos, enjuagues y dilución de muestras.

b. Solución buffer de borato: Adicionar 88 mL de solución de NaOH 0.1 N a una solución de 500 mL de tetraborato de sodio ($Na_2B_4O_7$) 0.025 M, (9.5 g de $Na_2B_4O_7 \cdot 10 H_2O/L$) y diluir a un litro.

c. Hidróxido de Sodio 6 N.

d. Reactivo desclorificador: Disolver 3.5 g de tiosulfato de sodio ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) en agua y diluirla a 1 litro. Prepararla semanalmente. Utilizar 1 mL para remover 1 mg/L de cloro residual en 500 mL de muestra.

e. Agente neutralizador.

1. Hidróxido de sodio 1 N.
2. Acido Sulfúrico 1 N.

f. Solución absorbente, ácido bórico transparente: Disolver 20 g de H_3BO_3 en agua y diluirla a 1 litro.

g. Solución indicadora de Acido Bórico: Disolver 20 g de H_3BO_3 en agua, adicionar 10 mL de indicador mixto y diluirla a 1 litro. Prepararla mensualmente.

h. Solución de indicador mixto: disolver 200 mg de indicador rojo de metilo en 100 mL de alcohol etílico o isopropílico al 95%. Disolver 100 mg de azul de metileno en 50 mL de alcohol etílico o isopropílico al 95%. Combinar las soluciones. Prepararla mensualmente.

i. Acido Sulfúrico 0.04 N: Diluir 1 mL de H_2SO_4 concentrado a un litro de agua.

4. Procedimiento.

a. Preparación de Equipo: Adicionar 500 mL de agua y 20 mL de solución buffer de borato, ajustar el pH a 9.5 con solución de NaOH 6N, adicionarlo al frasco de destilación. Adicionar perlas de ebullición y utilizar el indicador mixto para observar si el vapor del agua que sale del aparato de destilación muestra trazas de amoníaco.

b. Preparación de la Muestra: Utilizar 500 mL de muestra desclorada o una porción conocida diluida a 500 mL con agua. Cuando la concentración de NH_3-N es menor de 100 $\mu g/L$, utilizar una muestra de 1000 mL. Remover el cloro residual por adición, en el muestreo, agente desclorador equivalente al cloro residual que posea. Si es necesario, neutralizar hasta un pH de 7 con ácido o base diluidos, utilizando un medidor de pH. Adicionar 25 mL de solución buffer de borato y ajustar el pH a 9.5 con NaOH 6N utilizando un medidor de pH.

c. Destilación: Para minimizar la contaminación, dejar el destilador ensamblado con la salida de vapor y quitar justo antes de comenzar la destilación de la muestra. Desconectar el frasco que genera la salida de vapor e inmediatamente transferir el frasco de la muestra al aparato destilador. Destilar a razón de 6 a 10 mL/min con la punta del tubo que lleva la muestra bajo la superficie de la solución ácida receptora del vapor. Colectar el destilado en un erlenmeyer de 500 mL que contenga 50 mL de solución indicadora de ácido bórico para el método de titulación. Destilar amoníaco en 50 mL de H_2SO_4 0.04N para el método de electrodo selectivo y del fenato. Colectar un poco menos de 200 mL. Bajar el recipiente de recepción del destilado para que el tubo de arrastre quede fuera de contacto del líquido y continuar así la destilación durante los últimos 2 minutos para limpiar el condensador y el tubo que lleva la muestra. Diluir a 500 mL con agua.

Cuando el método del fenato es utilizado para determinar NH_3-N , neutralizar el destilado con solución de NaOH 1N.

d. Determinación de Amoníaco: Determinar amoníaco por el método titrimétrico, electrodo selectivo de amoníaco o del fenato.

PAES Fecha:30/12/2000	DETERMINACION DE GRASAS Y ACEITES	
	Método de Extracción por Solvente	Página 1 de

2

1. Discusión General.

La disolución o emulsificación de aceites y grasas es extraer del agua por un íntimo contacto con un solvente extractor. Algunas grasas y aceites extraíbles, especialmente las insaturadas, se oxidan con mayor facilidad, por lo tanto, se debe tener un especial cuidado con la temperatura y el desplazamiento de los vapores del solvente para minimizar este efecto. La mezcla de algunos solventes orgánicos con algunas muestras puede formar emulsión que es muy difícil de romper, pero en este método se dan recomendaciones para eliminarlas.

2. Equipo.

- a) *Embudos de separación de vidrio*: de 500 mL con tapón y válvula de TFE.
- b) *Estufas de aireación*.
- c) *Erlenmeyer* de 250 mL.
- d) *Balanza analítica*.
- e) *Medidor de pH*.

3. Reactivos.

- 1. Acido Clorhídrico, HCl 1 + 1.
- 2. Eter de petróleo 35-60 °C.
- 3. Sulfato de Sodio anhidro, Na₂SO₄.

4. Procedimiento.

Cuando la muestra es llevada al laboratorio tomar el volumen de muestra. Si la muestra no ha sido acidificada anteriormente hacerlo con HCl 1:1 hasta un pH de 2 o menor. Transferir la muestra a un embudo de separación. Cuidadosamente lavar el frasco donde se transportó la muestra con 30 mL de solvente aproximadamente y el lavado adicionarlo al embudo de separación. Agitar vigorosamente por 2 minutos. Obtener ambas capas separadas. Si se observa formación de emulsión agregarle una porción mas de solvente y volver a agitar hasta que la emulsión desaparezca. Después, drenar la capa de agua dejando una porción mínima de esta junto con el solvente, drenar el solvente a través de un embudo conteniendo un papel filtro y en este 10 g de Na₂SO₄, separando el agua del solvente colectando este último en un frasco erlenmeyer tarado anteriormente. El agua separada del primer embudo

se puede transferir a otro y realizar otra extracción de la misma manera como se realizó anteriormente, colectando la parte extraída con el solvente en el mismo frasco erlenmeyer. Si el solvente se va a recuperar destilar a 85°C en un baño de maría, sino se calienta el frasco erlenmeyer a esa misma temperatura en cámara de extracción de gases unos 15 minutos, después enfriar en desecador por 30 minutos y pesar.

5. Cálculos.

Si el solvente orgánico está libre de residuos, el peso obtenido del frasco erlenmeyer tarado con la extracción y evaporación del solvente es en su totalidad grasas y aceites calculados de la siguiente manera:

$$\text{mg grasas y aceites/L} = \frac{(A - B) * 1000}{\text{mL.Muestra}}$$

A: Peso final de frasco erlenmeyer + grasas y aceites.

B: Frasco erlenmeyer tarado.

DETERMINACION DE FOSFORO DE ORTOFOSFATOS

Discusión General

Principio

El *Ortofosfato* reacciona con el *molibdato* en un medio ácido, para producir un complejo *Fosfomolibdato*. El *Ácido Ascórbico* después reduce el complejo, dando un intenso color azul de *Molibdeno*.

Interferencias

Grandes cantidades de turbidez pueden causar resultados inconsistentes en las pruebas de fosfato. En este caso puede agregarse el contenido de una almodilla de pretratamiento para fosfatos a la muestra de 25 ml.

Almacenamiento de la muestra

Las muestras pueden ser recolectadas en frascos de vidrio o plástico, previamente lavadas

con solución ácida (HCl 1:1), y enjuagadas con agua deionizada. Las muestras deben ser realizadas en un período menor a las 24 horas, preservándolas con almacenamiento a 4°C en este periodo, periodos más prolongados de preservación se alcanzan agregando 4 mL de *Cloruro de Mercurio* por litro de muestra.

Equipo

- a) Espectrofotómetro, para utilizarlo a 490 nm dando un paso de luz de 1 cm o más.
- b) Cubetas de 25 mL para la reacción de la muestra.

Reactivo.

- a) Reactivo PhosVer 3, almohadillas en polvo.

Este reactivo está preparado y estandarizado por personal especializado y está diseñado para aguas y aguas de desecho siguiendo estándares de calidad altos y basados en tecnología HACH y en el “Standard Methods para aguas y aguas de desecho” 19^a edición.

Anexo VII

Cuadro de Industrias

Contaminantes

FUENTES DE DESCARGAS DE VERTIDOS INDUSTRIALES REALIZADOS EN LA SUBCUENCA DEL RÍO TALNIQUE

Identificación del vertido	Dirección	Acceso	Observaciones
BENEFICIO LOS ÁNGELES	Jayaque, cantón Juan Iginio, finca Los Ángeles.	El acceso es extremadamente difícil. La finca esta en el cerro más alto del Municipio.	No se observan vertidos. Vecinos dicen que las aguas caen al río Talnique.
BENEFICIO SAN CARLOS	Talnique, Cantón San Carlos, 3 Km. después de desvío a Teotepeque y Comasagua	Después del desvío, doblar a la derecha 3 Km. Bajar por calle empedrada 6 Km., entrar al cafetal costado norte del beneficio y caminar 600 mts hacia abajo	Sistema de 7 fosas que descargan al final en río conocido como La Bomba, éste va hacia el río Talnique. Hay Infiltración.
BENEFICIO EL CHAGÜITE	Carretera a Jayaque. Cooperativa El Chagüite, a 1 Km. del pueblo	Por el sur del beneficio, calle de tierra, rodear quebrada Presa del Chagüite	5 lagunas para aguas mieles, con vertedero hacia la quebrada, infiltración, se une con el agua de beneficios anteriores, desemboca en río Talnique.
BENEFICIO EL PARAÍSO	Jayaque, finca el Paraíso Junto a finca Cachal. Colonia Marengo	Jayaque, finca el Paraíso Junto a finca Cachal. Colonia Marengo	No se observa desagüe, pero la comunidad dice que el beneficio tiene fosas. Infiltración.

BENEFICIO LA QUEBRADA EL NIAGARA	Talnique, Cantón La Quebrada	En la alcaldía del pueblo, doblar a la izquierda. A 3 Km. se encuentra el Beneficio	Sistemas de fosas, infiltración, descargan al río El Niagara, que es el mismo río Talnique, aguas abajo.
GRANJA SAN JORGE	Jayaque, cantón La Labor, a 1 Km. de Granja Santa Inés	Entrar por calle polvosa, aledaña a Sello de oro, a unos 400 mts de la cancha se encuentra un puente, a unos 15 mts al sur de este puente.	Aguas color horchata, mal olor. Caen sobre río Talnique.
GRANJA SANTA INÉS	Carretera a Jayaque, 300 mts. después del desvío. Junto al puente conocido como "Puente Roto"	Bajar por el puente y caminar bordeando el río Chutía (este río está seco en este tramo)	Las descargas se llevan a cabo por las noches.
SELLO DE ORO Agroindustria.	Jayaque, carretera a Jayaque. 2 Km. después de desvío a Tepecoyo.	Entrar por calle polvosa, aledaña a Sello de oro, a unos 250 mts doblar a la izquierda, entrar a terreno. Y rodear la malla metálica de la fábrica.	Aguas color verde amarillento, mal olor, estancada por algunas partes de la acequia de tierra. Desembocan sobre río Talnique que pasa a unos 400 mts. de la planta.
TENERÍA ADOC	Carretera a Jayaque y Tepecoyo , antes del desvío, Hacienda San Fernando	Por la carretera a Jayaque, desviarse después del primer puente a mano derecha, descarga en quebrada que esta frente a pedrera sin nombre.	Aguas azul verdosas, malos olores. Son dos desagües los encontrados.

PREFASA, fábrica de duralitas.	Carretera a Sonsonate, Km. 28-C. Panamericana.	Acequia paralela a la carretera. Que cae sobre río Chuchucato.	Aguas verdes. Mal olor. Se identifica un vertedero.
EL SURCO, fábrica de concentrados.	Carretera a Sonsonate, Km. 28. C. Panamericana.	Acequia paralela a la carretera. Que cae sobre río Chuchucato.	Mal olor. Se identifica un vertedero.
MOORE, fabrican concentrados.	Carretera a Sonsonate, km27.5.	Acequia paralela a la carretera, que llega hasta río Chuchucato.	Se identificaron 10 vertederos, aguas blancas y negras.
EUREKA, fabrican duralita.	Carretera a Sonsonate. Km27.	Acequia paralela a la carretera, que llega hasta río Chuchucato.	Se identificaron 4 vertederos. Aguas blancas.
DEL TROPIC FOOD. Maquila de alimentos. Frijoles para exportación.	Carretera a Sonsonate. Km.26.5.	Acequia paralela a la carretera, que llega hasta río Chuchucato	Se identificaron 2 vertederos. Aguas oscuras.
CRIAVES agroindustria.	Carretera a Sonsonate, Km27. C. Panamericana	Acequia paralela a carretera, que cae sobre río Chuchucato.	Aguas verdosas.
LÁCTEOS FINOS DE C.A.	Carretera a Sonsonate, km31. A 100 mts del puente del río Chuchucato	Acequia de cemento paralela a la carretera.	No se observó descarga.

Fuente: Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) – Programa Ambiental de El Salvador (PAES)