

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA.



DETERMINACION DE LA CALIDAD FISICO-QUIMICO Y BACTERIOLOGICO
DEL AGUA DEL LAGO DE GUIJA

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR:

MONICA BEATRIZ FUENTES SALINAS

GLORIA ALICIA HERNANDEZ OSORIO.

16 DE FEBRERO
DE 1841

PARA OPTAR AL GRADO DE:

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA.

OCTUBRE DE 2007.

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA.



©2004, DERECHOS RESERVADOS

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

<http://virtual.ues.edu.sv/>

SISTEMA BIBLIOTECARIO, UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR.

RECTORA:

Dra. Maria Isabel Rodríguez.

SECRETARIA GENERAL:

Lic. Alicia Margarita Rivas de Recinos

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA.

DECANO

Lic. Salvador Castillo Arévalo

SECRETARIA

MSc. Miriam del Carmen Ramos de Aguilar

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACION.

COORDINADORA GENERAL

Lic. Maria Concepción Odette Rauda Acevedo.

ASESOR DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: TOXICOLOGIA Y
QUIMICA LEGAL.

Lic. Maria Luisa Ortiz de López.

ASESOR DE AREA DE ANALISIS DE ALIMENTOS: MICROBIOLOGIA.

MSc. Maria Evelyn Sánchez de Ramos

DOCENTES DIRECTORES:

Lic. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

MSc. Zulma Mena

DEDICATORIA

Este triunfo lo dedico a DIOS TODO PODEROSO por su infinita

Misericordia y por haberme dado la verdadera sabiduría, a mi madre LA VIRGEN MARIA por su intersección durante la realización de este trabajo.

Sin olvidar a mis padres que me dieron todo su apoyo y comprensión por su esfuerzo y dedicación para que pudiera alcanzar este triunfo.

Además a una persona muy especial en mi vida que se entregó por completo brindándome toda su ayuda, sin pedir nada a cambio.

MONICA FUENTES

DEDICATORIA

“Hijo mió, está atento a mi sabiduría, Y a mi inteligencia inclina tu oído”

Proverbios 5:1

Dedico y le doy primeramente gracias a Dios por el triunfo que me ha permitido alcanzar, por su fidelidad y misericordia que El me ha mostrado durante todo mi andar diario y sobre todo en este proceso.

También dedico y doy a gracias a mi familia, a mi madre por todo el apoyo, paciencia y confianza brindada desde el inicio de la carrera hasta el final de la misma, a mis hermanos por estar pendientes y sobre todo por estar ahí en los momentos difíciles.

Gracias por ser esa razón para seguir hacia delante y luchar por alcanzar esta meta, que Dios los bendiga.

GLORIA HERNANDEZ

AGRADECIMIENTOS.

Le agradecemos a Lic. Zulma Mena que en apoyo con el SNET, depositaron la confianza en nosotros para llevar a cabo la investigación, además por su valioso aporte en la elaboración y realización de este trabajo de graduación.

Y por su ayuda incondicional proporcionándonos todo lo necesario para los análisis de este trabajo.

A Lic. Cecilia de Velásquez por colaborarnos en la revisión, orientación y supervisión del desarrollo de este trabajo hasta su finalización.

A todos los docentes de la Universidad de El Salvador de la Facultad de Química y Farmacia por sus enseñanzas durante el proceso de formación profesional.

Y a todos aquellos que colaboraron de forma directa o indirecta brindándonos todo lo necesario para poder culminar este trabajo de graduación.

MONICA FUENTES
GLORIA HERNANDEZ

INDICE.

Contenido	Pág.
RESUMEN	
CAPITULO I	
1.0 INTRODUCCION	xvi
CAPITULO II	
2.0 OBJETIVOS	20
CAPITULO III	
3.0 MARCO TEORICO	22
3.1 Agua: Concepto, Importancia y clasificación	22
3.2 El Salvador va a una crisis de Agua	28
3.3 Aguas Recreativas	31
3.4 Factores que inciden en la contaminación del Agua	32
3.4.1 Efectos de los Vertidos	30
3.4.2 Mala Planificación	34
3.4.3 Desertificación	35
3.4.4 Impacto Ambiental	36
3.5 Principales problemas de salud	37
3.6 Algunos Problemas relacionador por Alteraciones en Características químicas del Agua	39
3.7 Parámetros de Calidad del agua	40
3.7.1 Color	40
3.7.2 Conductividad Eléctrica	40
3.7.3 Turbidez	41
3.7.4 Temperatura	41
3.7.5 Fosfatos	41
3.7.6 Nitrógeno Amoniacal	42
3.7.7 pH	43
3.7.8 Oxigeno Disuelto	43

3.7.9 Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO)	43
3.7.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO)	44
3.7.11 Sólidos suspendidos.	44
3.7.12 Sólidos Disueltos	44
3.7.13 Sólidos Totales	45
3.8 Calidad Bacteriológica	45
3.8.1 Coliformes	46
3.8.1.2 Caracteres Bioquímicas	46
3.8.1.3 Hábitat del grupo coniformes	46
3.8.2 Los Coliformes como Indicadores	47
3.8.3 Coliformes fecales	48
3.9. Índice de Calidad del Agua	48
3.9.1. Agua con Calidad ambiental	49
CAPITULO IV	
4.0 DISEÑO METODOLOGICO	53
4.1 Tipo de Estudio	53
4.2 Investigación Bibliográfica	53
4.3 Investigación de Campo	54
4.3.1 Descripción del área de estudio	54
4.3.2 Universo y Muestra	54
4.4 Selección del Lugar	56
4.5 Calidad Físico - Química	57
4.5.1 Parte Experimental	57
4.5.2 Medición de Parámetros en Campo	58
4.5.2.1 Evaluación de Parámetros en Campo	58
4.5.3. Proceso de Recolección de Muestra para análisis Físico	59
Químico y Bacteriológico	
4.6 Parámetros de Calidad del Agua	61
4.7 Determinación de Carga contaminante	63

4.8	Parámetros Físico - Químicos	64
4.8.1	Determinación de Conductividad Eléctrica	64
4.8.2	Determinación de Turbidez	65
4.8.3	Determinación de Color	66
4.8.4	Determinación de Temperatura	68
4.8.5	Determinación de Fosfatos	69
4.8.6	Determinación de Nitrógeno Amoniacal	71
4.8.7	Determinación de Nitritos	75
4.8.8	Determinación de Nitratos	76
4.8.9	Determinación de pH	80
4.8.10	Determinación de Oxígeno Disuelto.	81
4.8.11	Determinación de Demanda Bioquímica de Oxígeno	82
4.8.12	Determinación Química de Oxígeno	84
4.8.13	Determinación de Sólidos Suspendidos.	87
4.8.14	Determinación de Sólidos Disueltos	89
4.8.15	Determinación de Sólidos Totales	91
4.9	Determinación de Parámetro Bacteriológico	93
4.9.1	Coliformes totales y fecales	93
4.9.1.1	Determinación de Coliformes totales	93
4.9.1.2	Determinación de Coliformes fecales	94
CAPITULO V		
5.0	Resultados	97
5.1	Resultados de los Parámetros Físico-Químicos.	99
5.2	Resultados de Parámetros Bacteriológicos.	107
5.3	Evaluación de Aptitud de uso para desarrollo de Vida Acuática	108
5.4	Evaluación de Aptitud de uso para actividad Recreativa.	121
5.5	Resultados de Carga Contaminantes de los Ríos Angue y Ostua	128

CAPITULO VI	
6.0 CONCLUSIONES	131
CAPITULO VII	
7.0 RECOMENDACIONES	135
BIBLIOGRAFIA	
GLOSARIO	
ANEXOS	

INDICE DE ANEXOS.

Anexo N°:

1. Índice de Calidad del Agua (ICA).
2. Límites permisibles de Calidad de Agua para Contacto humano o Actividad Turística, (OMS).
3. Listado de reactivos, material y equipo.
4. Preparación de Reactivos.
5. Tablas del Número Más Probable (NMP)
6. Programa para determinación de Oxígeno Disuelto.
7. Equipo de Campo utilizado.
8. Mapa de Sitios de Muestreo Lago de Guija.

ABREVIATURAS.

ANDA: Asociación Nacional de Acueductos y Alcantarillados.

CAC: Cuerpos de Agua Continental.

CEL: Comisión ejecutiva Hidroeléctrica del Río Lempa.

CENDEPESCA: Centro de Desarrollo Pesquero.

CESSA: Cemento de El Salvador.

CESTA: Centro Salvadoreño de Tecnología Apropriada.

FONAES: Fondo Ambiental de EL Salvador.

MAG: Ministerio de Agricultura y Ganadería.

OIRSA: Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria.

OPESCA: Organización del Sector Pesquero y Acuicultura del Istmo
Centroamericano.

SNET: Servicio Nacional de Estudios Territoriales.

mg: miligramos

g: gramos

Kg: kilogramos

mL: mililitros

L: litros

nm:nanometros.

mm: milímetros

m³ : metros cúbicos

Pt-Co: Platino Cobalto.

RESUMEN

El lago de Guija no solo se considera una belleza natural sino que también es una fuente económica por las actividades de la pesca y el turismo, se ha considerado importante determinar la calidad de sus aguas debido a las posibles fuentes de contaminación que podrían estar alterando la calidad de su agua y así obtener resultados de la calidad físico-química y bacteriológica del agua.

Por tal razón es importante evaluar si la calidad del agua es apta o no para Realizar las dos actividades predominantes que son la pesca y la recreación que los pobladores aledaños a la zona realizan.

Se analizaron 90 muestras en total entre la tercera semana de Agosto, primera y tercera semana de Septiembre del año 2006 los parámetros evaluados fueron pH, Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Sólidos Totales, Fosfatos, Nitratos, Turbidez y Temperatura.

El parámetro bacteriológico se hizo a través de la determinación de Coliformes fecales utilizando el método del número mas probable (NMP/100mL).

De las muestras recolectadas para análisis bacteriológico un 40% se encuentran fuera del límite establecido para la actividad turística y un 67% se encuentra fuera del límite para el desarrollo de vida acuática.

Para llevar a cabo el estudio se estableció cinco puntos de muestreo, los cuales fueron: Pitajayo, Angue, Ostua, Azacualpa y Desagüe. Estos puntos se establecieron de acuerdo a la inspección previa del lugar en donde se

establecieron las posibles fuentes de contaminación, seleccionando de estos puntos uno como sitio turístico (Azacualpa) por ser el lugar de mayor afluencia turística.

Para evaluar la aptitud de uso para vida acuática se utilizó una herramienta de evaluación denominada Índice de Calidad de Agua (ICA) y para evaluar la aptitud de uso para aguas recreativas la norma de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

Para tener una idea general del aporte de carga contaminante que los dos principales ríos (Angue y Ostua) hacen al lago se realizó el cálculo para ambos ríos solamente durante el primer muestreo.

Los resultados obtenidos en esta investigación serán proporcionados al SNET y a otras instituciones interesadas en brindar protección al medio ambiente.

De los resultados obtenidos se puede decir que el agua del Lago de Guija no es apta para el actividad recreativa este de acuerdo a los límites establecidos por la Norma de la OMS; pero si es apta el desarrollo de vida acuática esto según la herramienta de evaluación ICA.

Por lo anterior, es necesario que el SNET de continuidad a esta investigación, evaluando parámetros Físico-químicos y Bacteriológico en el agua del Lago de Guija con el fin de implementar medidas para la conservación, preservación y rescate de este recurso hídrico.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1.0 INTRODUCCION.

El agua es considerada hoy en día como un importante patrimonio, y como un medio de vida al que hace falta preservar tanto en cantidad y calidad. Sus usos deben ser organizados para permitir satisfacer óptimamente la totalidad de las necesidades, evitando el despilfarro, asegurando su renovación e impedir las Degradaciones irreversibles del recurso.

La contaminación del agua es el resultado de la adición de sustancias que alteran su calidad a tal grado de impedir su utilización normal. Es uno de los principales problemas ambientales del país y se ha incrementado debido al crecimiento y desarrollo urbano ocurrido en los últimos años haciéndose necesario el estudio de la calidad del agua para determinar la carga de contaminación que presenta ⁽¹¹⁾

La presente investigación, tiene como objetivo estudiar la situación actual de la Calidad del agua del Lago de Guija, a través de análisis Físico Químico y Bacteriológico, ya que cualquier alteración ambiental en la cuenca del Lago repercutirá en su calidad, debido a que este es un recurso muy importante para los pobladores de sus alrededores y para las actividades que ellos realizan como son: la pesca, la agricultura y el turismo. Por lo tanto, el conocimiento del recurso en términos de calidad y disponibilidad resulta indispensable para el desarrollo sostenible del mismo.

Debido a que en El Salvador no se cuenta con estudios recientes sobre la calidad de los recursos hídricos, es por eso que se continúa manejando el indicador, que el 90 % de los cuerpos de agua continentales presentan altos niveles de contaminación química o biológica; esto según el FONAES, en una publicación de su revista en línea en la edición de septiembre del 2003.

Se tiene que para el año 2000 existía un compromiso por parte de ANDA de presentar ante la Asamblea Legislativa el Anteproyecto de Ley General de Aguas y del Subsector de Agua Potable y Saneamiento.

Sin embargo aun no se ha presentado ningún documento que ayude a conservar, controlar y proteger los diferentes recursos hídricos del país ⁽⁸⁾.

Las aguas superficiales tienen una gran importancia en nuestro país debido a que en El Salvador el principal usuario de los recursos hídricos es el sector eléctrico: más del 60% de la generación eléctrica proviene de fuentes hídricas y de acuerdo a estimaciones de CEL, además, muchos sistemas de agua potable son utilizados para riego en áreas agrícolas.

La importancia de conservar los recursos hídricos superficiales, es estratégico para el desarrollo de un país, por lo cual es una tarea impostergable el manejo sustentable de los recursos hídricos tanto superficiales como subterráneos, dónde se necesita comprender la magnitud e importancia del estado de degradación ambiental para emprender acciones ⁽¹⁴⁾.

Además este trabajo aportará elementos que serán útiles para establecer si el agua del Lago de Guija esta apto para llevar a cabo las actividades de la pesca

y el turismo, ya que estas dos actividades son predominantes en el Lago de Guija y se han retomado para llevar a cabo esta investigación y por tal razón es importante determinar la calidad del Agua de este recurso.

Ya que, según CENDESPESA se estima que existen alrededor de cinco comunidades pesqueras en el lago que albergan un total de 895 pescadores. Además de ser un lugar con mucha afluencia turística, siendo muy atractivo por sus petrograbados precolombinos y a la belleza natural que este cuerpo de agua posee, se estima que alrededor de 50,000 personas anualmente visitan el lugar.

Esta investigación, cuenta con el apoyo del SNET, la información obtenida le será de utilidad para dar continuidad al proyecto “Diagnostico Nacional de Calidad de Agua” el cual tiene por objetivo realizar un monitoreo de la calidad de las aguas del Lago de Guija con la finalidad de valorar la calidad para la realización de un manejo sostenible del recurso.

Para determinar la Calidad del Agua del Lago se hará a través de los parámetros físico-químicos: pH, demanda bioquímica de oxígeno, oxígeno disuelto, fosfatos, temperatura, turbidez, sólidos totales, disueltos y análisis bacteriológicos determinando Coliformes fecales.

Para la interpretación de resultados se utilizara una herramienta de evaluación de Calidad de Agua, denominado ICA, dicha evaluación se hace a través de nueve parámetros antes mencionados y la aplicación de la Norma de la OMS para aguas recreativas.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2.0 OBJETIVOS.

2.1 OBJETIVO GENERAL

2.1.1 Determinación de la Calidad Físico-Químico y Bacteriológico del Agua del Lago de Guija.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1** Realizar análisis Físicos-Químicos del agua del Lago en los diferentes puntos de muestreo.
- 2.2.2** Realizar análisis Bacteriológicos, determinando Coliformes fecales en los diferentes puntos de muestreo.
- 2.2.3** Comparar los resultados obtenidos aplicando la Norma de la OMS para aguas recreativas y aplicando una herramienta de evaluación de la Calidad del agua "ICA" para vida acuática
- 2.2.4** Evaluar si la calidad del agua cumple las especificaciones para aptitud de uso para aguas recreativas aplicando la Norma de la OMS y para vida acuática la herramienta evaluación "ICA" .
- 2.2.5** Proporcionar los resultados por medio de un informe de esta Investigación al SNET y a otras instituciones interesadas brindar protección al medio ambiente.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3.0 MARCO TEORICO.

3.1 Agua: concepto, importancia y clasificación. (7)

El agua se define como un compuesto inorgánico, inodoro, insípido incoloro en pequeñas cantidades y verdoso en grandes masas. Químicamente, es una combinación de hidrogeno y oxigeno, cuya formula, es H_2O equivale a dos volúmenes de hidrogeno y uno de oxigeno. Se solidifica a $0^{\circ}C$ y hierve a $100^{\circ}C$ Cubre aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre. Forma la lluvia, las fuentes, los ríos, los lagos y los mares.

Importancia

De todos los recursos explotados por el hombre el agua, reviste mayor importancia, debido a que se emplea con fines domésticos, industriales y agrícolas, también para la pesca, la producción de energía, la navegación fluvial y marítima. Los recursos hídricos más importantes para el hombre son las aguas interiores, que son las aguas superficiales, de los subsuelos y las subterráneas.

Según el documento de la Comunidad Económica Europea “Uso y Desarrollo de los Recurso de Agua en la Región europea”, Nueva Cork, 1970,

Los principales recursos hídricos disponibles son clasificados en:

- a. Aguas superficiales, Cursos de Agua y Lagos.
- b. Aguas subterráneas de formaciones aluviales

A veces se ha considerado los lagos como mares en miniatura y, de hecho, tienen algunas semejanzas. Los lagos son masas de agua dulce o salada que se encuentran rodeados de tierras.

Generalmente, los lagos están conectados con un sistema fluvial que les provee de agua. Los hay que son una extraordinaria fuente de mantenimiento para las poblaciones vegetales, animales y humanas de sus riberas. Constituyen una buena reserva de agua dulce por lo que los humanos, desde los inicios de la civilización, hemos aprendido a construir lagos artificiales, que llamamos embalses o pantanos.

Las características de los lagos son formas del paisaje que dependen de la región en que aparecen y que, a menudo, poseen una flora y fauna muy importantes. Si ocupan grandes extensiones de terreno se definen como mares interiores.

En las regiones áridas, donde las precipitaciones son insignificantes y la evaporación intensa, el nivel de agua de los lagos varía según las estaciones y estos llegan a secarse durante largos periodos de tiempo.

Los lagos pueden formarse a cualquier altitud y están distribuidos por todo el mundo, aunque más de la mitad de ellos se sitúan en Canadá.

Tipos de lagos ⁽¹⁶⁾

Tectónicos: Son los lagos que rellenan las depresiones originadas por fallas y plegamientos. Son lagos formados por un movimiento del suelo que impide el libre curso de un río.

De barrera: Se forman cuando las Conjunto de sedimentos arrastrados por un glaciar u otras materias, como coladas volcánicas o desprendimientos de tierras, taponan los valles y permiten la acumulación de las aguas e impiden su desagüe.

Glaciares: Los glaciares excavan amplias cuencas al pulir el lecho de roca y redistribuir los materiales arrancados. Un lago glaciar se forma cuando las aguas ocupan el hueco erosionado por las masas glaciares.

De cráter: Se pueden dar tras la explosión del cráter de un volcán, el cual forma una caldera volcánica o un hundimiento circular que puede ser inundado tras la extinción formando un lago. Si el cráter no tiene fisuras y está formado por materiales de escasa porosidad, puede convertirse en un lago permanente si recibe suficiente agua de la lluvia.

Endorréicos: Los lagos de cuencas endorreicas son depresiones en la corteza terrestre que no poseen salida hacia el mar. Contienen aguas generalmente algo saladas, debido a la progresiva concentración de sales por efecto de la evaporación.

Pelágicos: Los lagos pelágicos no son más que vestigios de antiguos mares que quedaron rodeados de tierras.

Existen además, las Aguas Subsuperficiales, que se encuentran en el perfil del suelo y que las plantas aprovechan.

La única fuente de las aguas Superficiales son las precipitaciones atmosféricas.

La morfogénesis del Lago de Guija, se debió a una corriente de lava lanzada por los volcanes de San Diego, Vega de la Caña y Mésatepeque, la cual obstruyó los recursos naturales de los ríos Ostua y Angue cerrando el drenaje de todo un valle, con la consecuente formación del lago, de acuerdo a lo anteriormente mencionado la clasificación del lago de Guija es de Barrera.

En las zonas de escorrentía parte del agua fluye por diversos cauces.

Las aguas subterráneas suelen cargarse con las precipitaciones que se infiltran en el suelo, a los cursos de agua y a los embalses naturales y artificiales. Las Aguas superficiales penetran en la tierra, acumulándose y formando un embalse subterráneo, esta agua constituye la fuente principal de agua potable y en regiones industrializadas a menudo son la única fuente de agua, sobre todo cuando escasean las aguas superficiales. La importancia de las aguas subterráneas radica en que estas reservas contienen casi el 96% del agua dulce ⁽⁹⁾

La diferencia entre las aguas subterráneas y las aguas superficiales es que estas últimas se encuentran en la litosfera y constituyen la fuente más importante de agua para las plantas. Se engendran por infiltración o por capilaridad del agua que asciende desde un nivel más profundo, esta agua subsuperficiales constituyen una proporción considerable del agua dulce.

Las aguas superficiales están expuestas a una amplia gama de factores que pueden alterar la calidad del agua en diferentes niveles de intensidad y de maneras simples o complejas.

Los aspectos como el clima, hidrología, geología fisiográfica y la influencia de actividades realizadas por el hombre (en los ámbitos doméstico, industrial, minero, etc.) afectan la calidad física, química y biológica de las aguas destinadas al riego de vegetales y bebida de animales pudiendo generar alteraciones en su desarrollo biológico debido a la concentración de elementos tóxicos contenidos en el agua.

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo.

De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversas normativas, que asegura la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.

La incidencia humana sobre las aguas se ejerce fundamentalmente a través del vertido a sistemas naturales de efluentes residuales. Se hace por tanto necesario establecer los criterios de calidad que han de reunir las aguas residuales antes de ser evacuadas en un sistema receptor.

La consideración de los criterios de calidad de los vertidos resulta insuficiente como garantía de conservación de los recursos hídricos, de manera que éstos

se mantengan en condiciones tales que aseguren su disponibilidad en un futuro en cantidad y calidad adecuada. Esta garantía viene dada por el mantenimiento de las condiciones ambientales naturales que permitan preservar el equilibrio autorregulador de los ecosistemas acuáticos.

De aquí surge la necesidad de definir un nuevo concepto de calidad que se desvincule totalmente de los usos, y que tenga como punto de referencia el propio recurso en sí y no los fines a los que se destina.

Esta sería la calidad intrínseca o natural de las aguas, que se define por las condiciones fisicoquímicas y biológicas de un medio natural que no ha sufrido intervención humana. ⁽¹²⁾

En la actualidad, algo menos de las dos terceras partes del agua destinada a consumo humano procede de aguas continentales superficiales, o sea, ríos, arroyos, embalses, lagos o lagunas. El resto se divide entre un tercio de aguas subterráneas y una pequeña cantidad de agua de mar. En el caso de las aguas continentales superficiales, en el momento en que van a ser destinadas a abastecimiento de aguas potables, deben mantener unos parámetros mínimos de calidad que aseguren su correcto estado. Con el objetivo de controlar que ningún vertido industrial y/o urbano al cauce pueda alterar las condiciones del agua, ésta deberá ser periódicamente analizada ⁽⁸⁾.

Las aguas que circulan por la superficie de las tierras emergidas son muy importantes para los seres vivos, a pesar de que suponen una ínfima parte del total de agua que hay en el planeta.

En general proceden directamente de las precipitaciones que caen desde las nubes o de los depósitos que estas forman. Siguiendo la fuerza de la gravedad, los ríos circulan hasta desembocar en el mar o en zonas sin salida que llamamos lagos.

3.2 El Salvador va a una crisis de agua ⁽²⁾

Cada año mueren 12,000 niños y niñas de enfermedades de diarrea principalmente por el consumo de agua contaminada. Casi todos los ríos y lagos están contaminados. No existe un plan nacional para resolver el problema.

Julio René Acosta, ingeniero agrónomo de CESTA dice:

La vida en El Salvador depende del río Lempa, que viene de Honduras y Guatemala y cruza parte del país. No menos de 60 por ciento de la energía en El Salvador viene del río y la mayor parte del agua potable de San Salvador proviene de este importante río.

"El problema es que el agua está contaminada ya cuando viene a El Salvador.

Y los niveles aumentan cuando llega al país. Los métodos actuales de purificación no son suficientes" Varias investigaciones confirman eso. Laboratorios de Calidad Integral, por ejemplo, han tomado pruebas del río Lempa durante dos años y los resultados fueron preocupantes. 95 por ciento de las pruebas eran positivas de bacterias de ***E.coli***. Además, se encontraron grandes cantidades de metales pesados como plomo, arsénico, boro, cadmio, cromo, mercurio y níquel. Estas pueden causar entre otras cosas problemas al

estomago, cáncer de piel, cáncer de pulmón, cambios en los cromosomas y enfermedades en el sistema nervioso central.

Lo grave es que las pruebas fueron tomadas en correspondencia directa a las plantas de distribución de agua potable de ANDA, la empresa estatal. Los efectos al ser humano de inmediato pueden leerse en las estadísticas de enfermedades relacionadas al agua. 12,000 niños y niñas mueren cada año por enfermedades de diarrea. En diez años han crecido los casos de enfermedades de diarrea y parásitos de intestino de 150,000 hasta 220,000.

"No hay una protección legal para los ríos y lagos y eso es una inquietud. La industria y la agricultura vierten sustancias tóxicas al agua. Productos químicos que son prohibidos en Estados Unidos y Europa se permiten aquí".

El Salvador aparte del sistema del río Lempa tiene cuatro lagos, estos se usan como fuentes de abastecimiento de agua. Los lagos Ilopango y Coatepeque son los más importantes.

El 90 por ciento de los habitantes de San Salvador tienen algún tipo de servicio de agua, aunque no pueden usarla. La situación en el área rural es mucho peor. El 75 por ciento de la población en el campo no tienen servicio de agua potable. Ellos se abastecen de pozos o directamente de los ríos y lagos poniendo en peligro la salud de muchas familias. Los pozos muchas veces están situados cerca de las letrinas y eso hace que el agua este contaminada de bacterias de coli 86 % del agua de los pozos está contaminada. Los ríos y lagos son usados como letrinas, para lavar ropas, nadar, verter su agua sucia y botadero de

basura. Las industrias también vierten sus aguas sucias sin previo tratamiento "Además, las empresas sacan grava y arena en los bordes de los ríos para utilizarla en la construcción, eso destruye también la calidad del agua y la biodiversidad acuática."

Viene suficiente agua a El Salvador por el río Lempa. El problema es que no se deja allí, porque el 95 por ciento de los bosques son cortados. Cuando no hay árboles el agua corre su camino y eso pone en marcha la erosión de la tierra.

Eso ha hecho que el agua subterránea baje un metro por año. "No hay una autoridad que estudie el problema de la disminución del agua subterránea y los efectos a largo plazo.

La situación del agua en El Salvador y en toda la región es preocupante. Sin embargo, Julio Acosta está convencido que hay soluciones, si existe voluntad política. Su opinión es que se tiene que hacer lo siguiente:

1. Reformar las leyes de manejo de los recursos hídricos enfatizando en la protección con claridad de la responsabilidad y obligaciones de todos y todas, unificar la responsabilidad del manejo, protección y control de los recursos hídricos. Hay una propuesta para la reforma pero el gobierno no la ha llevado a cabo. Una parte de eso depende de intereses económicos fuertes.
2. El estado debe tomar el problema del medio ambiente en serio y crear leyes contra el uso de productos químicos peligrosos, la contaminación y regular cómo usar los recursos hídricos. Las leyes actuales son insuficientes y no se están tomando en serio.

3. Los ciudadanos tienen que tener conocimiento de educación ambiental sobre el agua y cómo pueden mejorarla.

4. El Salvador tiene que cooperar con los otros países de la región.

"La situación en América Central es muy grave. Pero con trabajo a largo plazo es posible un cambio. Creo que lo más importante es educar a los niños, las niñas y la generación de jóvenes, es aquí donde tenemos que empezar".

3.3 Aguas recreativas.

Las aguas recreativas pueden dividirse en aguas de piscinas, baños de hidromasaje, aguas potables naturales y aguas marinas superficiales.

Son numerosos los gérmenes patógenos que pueden transmitirse al hombre a través de la utilización con fines recreativos de aguas dulces y saladas susceptibles de contaminación por aguas residuales.

Históricamente, se han analizado estas aguas en busca de bacterias coliformes. Aunque la presencia de estas bacterias en el agua indica la posibilidad de que no sean aptas para el consumo, se han aislado otras bacterias que pueden suponer riesgo para la salud pública por contacto con el cuerpo, ingestión o inhalación.

Las bacterias recomendadas como indicadores de la calidad del agua recreativa son el grupo coliformes, especies como: ***Pseudomonas***, ***Streptococcus*** y ***Staphylococcus***.

La contaminación fecal se determina con las pruebas de coliformes fecales.

Pueden aplicarse pruebas de *Escherichia coli* en aguas dulces estatuarios y aguas saladas.

3. 4 Factores que inciden en la Contaminación del Agua.

3.4.1 Efectos de los vertidos.

Las fuentes mas importantes de la contaminación del agua son los desechos: domésticos, industriales y agropecuarios, los cuales sin ser tratados son descargados en los diferentes recursos hídricos del país en forma directa y sin ninguna regulación o control por parte de los organismos competentes, alterando la calidad de estos, volviéndolos, en muchos casos totalmente inaprovechables, debido a que se sobrepasan las capacidades de dilución y auto depuración de los mismos. Por ejemplo, el Río Acelhuate en su recorrido pasa a través de la ciudad capital, donde se descargan en el, diferentes vertidos de tipo industrial y domestico sin ningún tipo de tratamiento y posteriormente se utiliza el agua de este río para regar las tierras donde se cultivan muchas de las legumbres que son consumidos localmente: provocando la propagación de enfermedades de tipo gastrointestinales como diarreas y hasta el cólera.

La contaminación por vertidos domésticos se debe a que en los ríos que pasan cerca o a través de las poblaciones son utilizados como vehículos de descarga de desechos producidos. Esta situación se vuelve mas dramática al considerar el déficit de abastecimiento de agua potable en el área rural, el cual es

sumamente elevado. Se estima que un 70% de la población rural de El Salvador carece de un sistema adecuado de abastecimiento, lo que obliga a que se utilicen recursos contaminados para fines domésticos ⁽⁸⁾

Los residuos domésticos que contaminan el agua en su mayoría de origen orgánico, lo que provoca un cese permanente del fluido en los cuerpos de agua, al ser consumidos el oxígeno disuelto presente en los mismo por otra parte, las fuentes de contaminación agropecuarias más importantes son los: los beneficios de café, ingenios azucareros, las destilerías, las fábricas de curtidos industriales lácteos y los mataderos.

En relación a los vertidos agropecuarios, la fuente más importante de contaminación es el uso indiscriminado de plaguicidas, por ejemplo en el cultivo de algodón, se utilizan mayores cantidades de pesticidas con respecto a otros cultivos.

Según McKee y Wolf (1976) concentraciones de DDT de 0.1 mg/mL durante 12 horas consecutivas, son suficientes para matar todos los peces de un cuerpo de agua. En ríos de El Salvador como el Río Grande de San Miguel, se han encontrado concentraciones hasta de 3.15 mg/mL de DDT y 3.77 mg/mL de Dieldrin, lo que provoca la mortalidad de la fauna en ríos, lagos, estanques, piscícolas y esteros durante el mes de aplicación de pesticidas en Octubre y Noviembre, principalmente. Hay que recordar que los ríos desembocan en el mar o en los estuarios donde estos residuos de plaguicidas se concentran en los organismos acuáticos. Estos efectos de contaminación son provocados por

el mal uso de los plaguicidas y por factores como son la erosión y deforestación del país.

3.4.2 Mala Planificación.

El rápido desarrollo de la industria y la agricultura, la explotación demográfica y el excesivo aumento del consumo de agua ejercen una gran presión sobre los recursos hídricos del país. La mala planificación del desarrollo urbano e industrial, ha provocado que en las regiones más pobladas, no queden sistemas fluviales que no hayan sido alterados de alguna manera por la acción del hombre, afectando la calidad del agua por contaminación química, física y bacteriológica que en muchos casos, destruye por completo el recurso hídrico debido a que sufren daños irreversibles.

Según la utilización de los recursos hídricos se pueden considerar dos categorías que son: Consuntivos y No consuntivos. La principal diferencia consiste en que el uso consuntivo se utiliza el agua para generar productos industriales, agrícolas y para abastecer las poblaciones, restituyéndola en otro lugar, en menor cantidad y con distinta calidad.

En los usos no consuntivos, se aprovecha la hidroenergía o energía desagua en movimiento, que se utiliza como medio en el transporte acuático, la piscicultura, o como elemento del paisaje con fines deportivos o recreativos.

El uso consuntivo del agua en una forma excesiva ha ocasionado que su calidad se deteriore, a tal grado que en muchos recursos naturales, el agua

presente características físico-química muy por debajo de las condiciones aceptables para el desarrollo de la vida de diversas especies animales y vegetales. Esta situación es el resultado de la mala planificación urbana e industrial en nuestro país, ya que el desarrollo de la vida de diversas especies animales y vegetales. Esta situación es el resultado de la mala planificación urbana e industrial en nuestro país, ya que el desarrollo de la industria y de la urbanización con lleva a un mayor consumo de agua y plantea el problema de los distintos tipos de desechos que contaminan este vital liquido.

3.4.3 Desertificación.

El crecimiento acelerado de la población, trae consigo entre otros procesos la urbanización progresiva del país, un activo proceso de industrialización y modificaciones en las políticas relativas al campo, que han ocasionado, durante los últimos años, cambios drásticos. Ante el inminente crecimiento de las actividades agropecuarias y urbano-industriales sobre el territorio nacional, se han alterado irreversiblemente la superficie de los ecosistemas terrestres.

La degradación de los suelos puede conducir a una situación irreversible como lo es desertificación, la cual consiste en la reducción o destrucción del potencial biológico de la tierra que puede llegar a crear condiciones similares a la de un desierto

La desertificación es provocada por varios factores de los cuales podemos mencionar:

La sobre explotación de los recursos naturales, el abuso de plaguicidas y fertilizantes, el uso incorrecto de técnicas de riego, la pérdida de control del fuego en ciertas actividades agrícolas y pecuarias, el depósito de desechos urbanos e industriales, la erosión, favorecida por la deforestación y el empleo de prácticas agrícolas y pecuarias que exponen al suelo a vientos y lluvias, el agotamiento de cuerpos de agua superficiales y subterráneas, los fenómenos atmosféricos como sequías, heladas, granizadas y tormentas, los asentamientos humanos sobre los suelos fértiles, entre otros. (9.)

3.4.4 Impacto ambiental.

El impacto ambiental es definido jurídicamente como la modificación que sufre el ambiente ocasionado por la acción del hombre o de la naturaleza

Esta conceptualización toma en cuenta las alteraciones ambientales que causan fenómenos naturales tales como:

Huracanes, terremotos, temporales, etc.

Las actividades humanas son las que más inciden negativamente en el equilibrio ecológico de la naturaleza, debido a que se ha hecho uso irracional de los recursos renovables y no renovables, alterando el funcionamiento de los sistemas ecológicos y afectando la salud humana.

El significativo desarrollo industrial y el creciente aumento demográfico han contribuido a que tanto la población de sustancias químicas y materiales peligrosos, como el uso masivo de ellas, incrementan la probabilidad de que se

ocasionen efectos adversos en la salud de la población y la integridad del ambiente.

Uno de los factores que han tenido un gran impacto negativo a los recursos naturales es el crecimiento acelerado de la población urbana, debido sobre todo a intensas migraciones internas campo-ciudad. Se producen también corrientes migratorias significativas entre asentamientos urbanos de distinto rango, esto provoca que se profundizara el desequilibrio entre la distribución de la población la urticación de los recursos naturales. La urbanización de zonas forestales elimina mantos acuíferos para la captación de agua potable, de ahí se presentan hoy en día la dificultad de la escasez de agua, teniendo que recurrir al tratamiento de aguas de recursos hídricos que no están en buen estado, por la contaminación que sufren por las mismas zonas urbanas e industriales que desechan sus vehículos en estos medios naturales. La sobre explotación de los recursos como la tala de árboles para leña, la deforestación masiva para la construcción de viviendas, la caza y la pesca desmedida de la especies animales y la contaminación del suelo, agua y aire por las actividades humanas es lo que incide negativamente al equilibrio de nuestro ecosistema. (4)

3.5 Principales problemas de salud.

La salud de la población es el resultado de múltiples interacciones físicas, biológicas, sociales, económicas y ambientales, entonces, las condiciones en

que se encuentran estos factores son favorables, también lo será para la salud de la población.

La contaminación de los recursos naturales en nuestro país ha afectado de manera notable la salud de los pobladores, de ahí que el incremento de las enfermedades respiratorias y enfermedades infecciosas intestinales se debe al mal estado en que se encuentra la calidad del agua en su estado natural.

Las enfermedades infecciosas intestinales se deben más que todo al consumo de agua de mala calidad, debido a que aproximadamente un 70% de la población rural de El Salvador carece de un sistema adecuado de abastecimiento de agua, lo que les obliga a utilizar para el riego de plantaciones de hortalizas aguas que están contaminadas por desechos domésticos e industriales, lo que provoca en los consumidores enfermedades infecciosas intestinales al ingerir dichos productos contaminados por sustancias químicas, virus, bacterias, etc.

Uno de los microorganismos causante de las enfermedades gastrointestinales agudas es la ***Escherichia coli***, que es un huésped normal del aparato digestivo.

No obstante se han aislado ***E. coli*** productores de enfermedades en corriente de agua, fuentes de agua potable y corrientes de montaña.

La principal enfermedad que produce es la diarrea tanto en niños como en adultos.

3.6 Algunos efectos relacionados por alteraciones en las características Químicas del agua.

La mayor fuente de contaminación de los cuerpos de agua es la liberación de aguas residuales sin tratamiento con compuestos químicos que son provenientes de la industria, la agricultura y los núcleos urbanos.

La demanda bioquímica de oxígeno es generada por la descomposición de materia orgánica. Entre los efectos que provoca es la muerte de peces y otras formas de vida acuática por falta de oxígeno, un área donde podemos encontrar este contaminante: aguas superficiales.

El nitrato no presenta problemas de toxicidad para el hombre y animales. Sin embargo, este se reduce a nitritos en el intestino por acción de las bacterias, presentando una elevada toxicidad en los niños menores de seis años. El principal efecto del nitrito es que reacciona con la hemoglobina formando meta hemoglobina. Los nitritos pasan al torrente sanguíneo fijándose a la hemoglobina de la sangre la cual reducen a meta hemoglobina que inhibe el transporte de oxígeno. Esta enfermedad se caracteriza por dificultad respiratoria, que en ocasiones termina en asfixia. Los más propensos a sufrir esta intoxicación son los niños menores de un año. Cuando la concentración normal de meta hemoglobina se eleva a 10% se presenta como primera manifestación clínica cianosis o colora azulado de la piel. Concentraciones superiores al 30 o 40% producen signos de falta de oxígeno que puede llegar al coma con concentraciones mayores.

3.7 PARÁMETROS DE CALIDAD DEL AGUA

3.7.1 Color ⁽¹⁾

No se puede atribuir a ningún constituyente en exclusiva, aunque ciertos colores en aguas naturales son indicativos de la presencia de algunos contaminantes. El agua pura solo es azulada en grandes espesores. En general presentan colores inducidos por materiales orgánicos de los suelos, como el color negro debido al manganeso. El color afecta estéticamente la potabilidad de las aguas, puede presentar un potencial colorante de ciertos productos cuando se utilizan materiales de proceso y un potencial espumante en su uso de calderas.

El color en el agua puede ser el resultado de la presencia de iones metálicos naturales (como hierro y manganeso), humus, plankton, hierbas y desechos industriales.

3.7.2 Conductividad Eléctrica ⁽¹⁾

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica. Esta capacidad depende de la presencia de iones, de su concentración total, de su movilidad valencia y concentración relativa así como de la temperatura de medición.

Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua. El agua pura contribuye minimamente a la conductividad y su casi totalidad es el resultado del movimiento de los iones de la impurezas presentes.

3.7.3 Turbidez ⁽¹⁾

La turbidez es la dificultad del agua para transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidales o muy finos, que se presentan principalmente en aguas superficiales. Son difíciles de decantar y filtrar, y pueden dar lugar a la formación de depósitos en las conducciones de agua, equipos de proceso, etc.

3.7.4 Temperatura ⁽¹⁾

Es una propiedad física de un sistema en la que se da una transferencia de energía térmica o calor, entre ese sistema y otros. Cuando existe una diferencia de temperatura, el calor tiende a transferirse del sistema de mayor temperatura al de menor temperatura hasta alcanzar el equilibrio térmico. En el sistema internacional de unidades, la unidad de temperatura es el kelvin. Sin embargo esta muy generalizado el uso de otras escalas de temperatura, concretamente la escala Celsius (o centígrado) y en los Estados Unidos, la escala Fahrenheit. En estas escalas, la unidad es el grado. Una diferencia de temperatura de un Kelvin equivale a una diferencia de un grado centígrado.

3.7.5 Fosfatos ⁽¹⁾

Los fosfatos surgen de una diversidad de fuentes. Cantidades pequeñas de algunos fosfatos condensados se añaden a unos suministros de agua durante el tratamiento y se pueden añadir cantidades mayores de los suministros cuando el agua se utiliza para lavar ropa y otras limpiezas, ya que son los principales componentes de muchos preparados comerciales para la limpieza.

Los Ortofosfatos aplicados como fertilizantes a la tierra cultivada son arrastrados a las aguas superficiales con las lluvias. Los fosfatos orgánicos se forman principalmente en procesos biológicos y son aportados a los cuerpos de agua por residuos municipales y también se pueden llegar a formar a partir de los Ortofosfatos durante los procesos de tratamiento biológicos o por recibir la carga biológica del agua.

3.7.6 Nitrógeno Amoniacal ⁽¹⁾

El Nitrógeno es uno de los elementos más importantes para la vida, pero es muy escaso en el agua. Sus fuentes principales son: el aire (asimilado por algunas algas) materia orgánica en descomposición (hojas y aguas fecales). El Nitrógeno que proviene de la descomposición de vegetales, animales y excrementos pasa por una serie de transformaciones. En el caso de los vegetales y animales, el Nitrógeno se encuentra en forma orgánica. Al llegar al agua es transformado rápidamente en Nitrógeno Amoniacal, pasando después a Nitritos y finalmente a nitratos. Esas dos últimas transformaciones solo ocurren en aguas que contengan bastante Oxígeno Disuelto, pues son efectuadas por bacterias de naturaleza aerobia llamadas nitro bacterias.

De esa forma cuando encontramos mucho Nitrógeno Amoniacal en el agua, estamos en presencia de materiales orgánicos en descomposición y por lo tanto en un medio pobre en Oxígeno.

3.7.7 Potencia de Hidrógeno (pH) ⁽¹⁾

La medida del pH es una de las pruebas más importantes y frecuentes utilizadas en el análisis químico del agua. Prácticamente todas las fases del tratamiento del agua para suministro y residual, como la neutralización ácido-base, suavizado, control de corrosión, precipitación, coagulación, precipitación y desinfección depende del pH.

En aguas naturales el valor puede variar entre los rangos de 6.5- 8.5

3.7.8 Oxígeno Disuelto ⁽¹⁾

El Oxígeno es un elemento muy importante en el control de calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida biológica.

Los niveles de oxígeno disuelto (OD) en aguas naturales y de desecho dependen de las actividades físicas, químicas y bioquímicas en el cuerpo de agua.

Las aguas superficiales limpias normalmente están saturadas con Oxígeno disuelto, pero la demanda de Oxígeno de los desechos orgánicos puede consumirlo rápidamente.

Los peces ordinarios no existirían por debajo de 2 mg/ L de OD.

3.7.9 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ⁽¹⁾

Mide la cantidad de oxígeno consumido en la eliminación de la materia orgánica del agua, mediante procesos biológicos aerobios. Se refiere al oxígeno consumido en cinco días y se mide en ppm de O₂.

Los microorganismos tales como las bacterias son responsables de descomponer los desechos orgánicos. Cuando la materia orgánica como: Animales y plantas, aguas negras o incluso desechos de comida están presentes en el agua, las bacterias inician el proceso de descomposición de estos desechos. Cuando esto sucede, mucho del oxígeno disuelto disponible lo consumen las bacterias aeróbicas, robándoles el oxígeno a otros organismos acuáticos que lo necesitan para vivir.

Cuando los niveles de DBO son altos, los niveles de oxígeno disuelto disminuyen al igual que el oxígeno que está disponible en el agua. Los peces y otros organismos acuáticos tienen la posibilidad de no sobrevivir.

3.7.10 Demanda Química de Oxígeno (DQO) ⁽¹⁾

Es una determinación que representa una medida del Oxígeno equivalente de la fracción de la materia orgánica que es susceptible de oxidación por un agente químico fuerte. La importancia de la determinación de este parámetro radica en que es aplicable para estudio de corrientes y desechos industriales ya que es una medición rápida.

Las aguas no contaminadas tienen valores altos de DQO.

3.7.11 Sólidos Suspendidos ⁽¹⁾

Los sólidos en suspensión es una medición de los sólidos sedimentables (no disueltos) que pueden ser retenidos por un filtro. Partículas como arcillas, limo y otras, aunque no lleguen a estar disueltas, son arrastradas por el agua de dos maneras: en suspensión estable (disoluciones coloidales); o en suspensión que

solo dura mientras el movimiento del agua las arrastra. Las suspendidas coloidalmente solo precipitarán después de haber sufrido coagulación o floculación (reunión de varias partículas).

3.7.12 Sólidos Disueltos ⁽¹⁾

Los sólidos disueltos o salinidad total, es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua, determinada por evaporación de un volumen de agua previamente filtrada. Corresponde al residuo seco con filtración previa.

El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

3.7.13 Sólidos Totales ⁽¹⁾

Los sólidos totales son la sumatoria de los sólidos disueltos y de los sólidos en suspensión.

3.8 Calidad Bacteriológica ⁽¹⁵⁾

La presencia y extensión de contaminación fecal es un factor importante en la determinación de la calidad de un cuerpo de agua. Las heces contienen una variedad de microorganismos y formas de resistencia de los mismos, involucrando organismos patógenos, los cuales son un riesgo para la salud pública al estar en contacto con el ser humano. El examen de muestras de agua para determinar la presencia de microorganismos del grupo coliforme que habitan normalmente en el intestino humano y de otros animales de sangre caliente, da una indicación. Dada la limitada capacidad de algunos miembros

del grupo de organismos coliformes para sobrevivir en agua; sus números también pueden emplearse para estimar el grado de contaminación fecal.

3.8.1 Coliformes

La denominación genérica coliformes designa a un grupo de especies bacterianas que tienen ciertas características bioquímicas en común e importancia relevante como indicadores de contaminación del agua y los alimentos.

Coliforme significa con forma de coli, refiriéndose a la bacteria principal del grupo, la *Escherichia coli*. Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. En general, las bacterias coliformes se encuentran en mayor abundancia en la capa superficial del agua o en los sedimentos del fondo.

3.8.1.2 Caracteres bioquímicos

El grupo coliforme agrupa a todas las bacterias entéricas que se caracterizan por tener las siguientes propiedades bioquímicas: ser aerobias o anaerobias facultativas; ser Gram. negativas; no ser esporógenas; fermentar la lactosa a 35°C en 48 horas.

3.8.1.3 Hábitat del grupo coliformes

Las bacterias de este género se encuentran principalmente en el intestino de los humanos y de los animales de sangre caliente, es decir, homeotermos, pero también ampliamente distribuidas en la naturaleza, especialmente en suelos, semillas y vegetales.

Los coliformes se introducen en gran número al medio ambiente por las heces de humanos y animales. Por tal motivo suele deducirse que la mayoría de los coliformes que se encuentran en el ambiente son de origen fecal. Sin embargo, existen muchos coliformes de vida libre.

3.8.2 Los coliformes como indicadores

Tradicionalmente se los ha considerado como indicadores de contaminación fecal en el control de calidad del agua destinada al consumo humano en razón de que, en los medios acuáticos, los coliformes son más resistentes que las bacterias patógenas intestinales y porque su origen es principalmente fecal. Por tanto, su ausencia indica que el agua es bacteriológicamente segura.

Asimismo, su número en el agua es proporcional al grado de contaminación fecal; mientras más coliformes se aíslan del agua, mayor es la gravedad de la descarga de heces.

El grupo coliforme está formado por los siguientes géneros: ***Escherichia coli***, ***Klebsiella***, ***Enterobacter*** y ***Citrobacter***.

No todos los autores incluyen al género ***Citrobacter*** dentro del grupo coliforme

Por su amplia diversidad el grupo coliformes ha sido dividido en dos grupos: coliformes totales y coliformes fecales.

No todos los coliformes son de origen fecal, por lo que se hizo necesario desarrollar pruebas para diferenciarlos a efectos de emplearlos como indicadores de contaminación. Se distinguen, por lo tanto, los coliformes totales

(que comprende la totalidad del grupo) y los Coliformes fecales (aquellos de origen intestinal).

Desde el punto de vista de la salud pública esta diferenciación es importante puesto que permite asegurar con alto grado de certeza que la contaminación que presenta el agua es de origen fecal.

3.8.3 Coliformes fecales

Se define como coliformes fecales a aquellos que fermentan la lactosa a 44,5 – 45,5 °C, análisis que permite descartar a *Enterobacter*, puesto que ésta no crece a esa temperatura. Si se aplica este criterio crecerán en el medio de cultivo principalmente *E. coli* (90%) y algunas bacterias de los géneros ***Klebsiella* y *Citrobacter***. La prueba de coliformes fecales positiva indica un 90% de probabilidad de que el coliforme aislado sea ***E. coli***.

3.9. Índice de Calidad del Agua ⁽¹¹⁾

Tanto los criterios como los estándares y objetivos de calidad de agua variarán dependiendo de si se trata de agua para consumo humano (agua potable), para uso agrícola o industrial, para recreación, para mantener la calidad ambiental, etc.

En esta investigación se aplicara una herramienta de evaluación que es el Índice de Calidad del Agua (ICA) (Anexo 1), que esta diseñado para evaluar la amenaza que representa el agua a la población que tiene contacto y las características del agua aptas para el desarrollo de vida acuática.

Y para evaluar la aptitud de uso para contacto humano se utilizara la Norma de la OMS para aguas recreativas.

Ambas utilizadas y proporcionadas por el SNET que son utilizados y mencionados en el Balance Hídrico Integrado y Dinámico 2005 ⁽¹¹⁾

3.9.1. Agua con Calidad Ambiental.

Una manera practica de valorar la calidad del agua en un sitio determinado para un momento determinado, es haciendo uso de una escala numérica simple relacionada con el grado de contaminación, este valor es denominado “Índice de Calidad de Aguas” (ICA) (Anexo 1) que engloba las características más importantes asociadas al uso del agua priorizado para la pesca, resumiendo el valor de los parámetros respectivos y pudiendo ser usado para definir mejor el estado que indica el término “calidad de agua”.

El Índice de Calidad de Agua para condiciones óptimas adopta un valor máximo determinado de 100, valor que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el curso de agua en estudio hasta un valor de cero.

En el país para valorar la calidad ambiental de las aguas superficiales, se aplica el ICA recomendado por el Programa Ambiental de El Salvador, proyecto ejecutado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG).

Este índice toma en cuenta los siguientes parámetros: saturación del oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco

días, nitrógeno de nitratos, fósforo de fosfatos, incremento de la temperatura, turbidez y sólidos totales disueltos.

En la Tabla N° 1, se presenta como se documenta los resultados obtenidos, la interpretación de estos y con esto establecer una clasificación para el agua de acuerdo a la calificación o valor numérico obtenido, también establece un color dependiendo del grado de contaminación del recurso.

TABLA N° 1. EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA) SE EXPRESA DE LA SIGUIENTE MANERA:

Calidad de Agua	Color	Valor	Interpretación
Excelente		91 a 100	Permite desarrollo de vida acuática
Buena		71 a 90	Permite desarrollo de vida acuática
Regular		51 a 70	Limita el desarrollo de vida acuática
Mala		26 a 50	Dificulta el desarrollo de vida acuática
Pésima		0 a 25	No permite el desarrollo de vida acuática

3.9.2. Agua apta para Contacto Humano ⁽¹¹⁾.

Las aguas naturales para ser adecuadas al contacto humano debe de presentar ciertas características como baja cantidad de recuentos microbiológicos y alto porcentaje de saturación de oxígeno principalmente; por otro lado, es deseable en menor medida la ausencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, etc.).

Los parámetros que servirá para evaluar la calidad de agua superficial y su aptitud de uso para el contacto humano son: Coliformes fecales, Oxígeno Disuelto y Turbidez, estos según la Norma de la OMS para aguas recreativas (Anexo 2).

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO.

4.0 DISEÑO METODOLOGICO.

Este trabajo se divide en Investigación Bibliográfica e Investigación de campo.

4.1 Tipo de estudio.

Investigación experimental porque se realizaron pruebas de laboratorio y prospectiva porque será de ayuda para estudios posteriores.

4.2 Investigación bibliográfica.

La investigación bibliográfica se realizó en las bibliotecas de: Facultad de Química y Farmacia, Facultad de Biología, Facultad de Agronomía (estas son facultades de la Universidad de El Salvador), Biblioteca Nacional y la Biblioteca de Recursos Hídricos y Animal e información proporcionada por el SNET.

También se investigó conceptos e información general de agua y aguas superficiales así como antecedentes nacionales de estudios relacionados con el problema vía internet.

4.3 Investigación de campo.

4.3.1 Descripción del Área de Estudio.

El Lago de Guija se encuentra ubicado al noreste de la República de El Salvador, en el Departamento de Santa Ana. La distancia por carretera de San Salvador al Lago de Guija es de 97 kilómetros aproximadamente.

Este cuerpo de agua se formó por una corriente de lava que cerró la salida de un valle; tiene una extensión de 42 km², de los cuales el 70 % pertenece a El Salvador (29.40 km²), y el 30 % a Guatemala (12,60 Km²) ⁽⁶⁾

Las vertientes del Lago son: El Río Ostúa, el Río Angue y el Río Cusmapa. Por medio del Río Desagüe drena el Lago de Guija, recorriendo una distancia de 8 Km. hasta el Río Lempa.

Las muestras se recolectaron en 5 puntos diferentes del Lago.

4.3.2 Universo.

Universo: Agua del Lago de Guija.

Muestras: 90 muestras en total distribuidas en cinco puntos diferentes.

La toma de muestra se inició en la tercera semana de Agosto, la primera y tercera semana de Septiembre de 2006 que en total hacen 3 muestreos.

(*)Distribución de las muestras a tomar por cada punto seleccionado

(Tabla N° 2):

TABLA Nº 2. DISTRIBUCION DE LAS MUESTRAS.

Nº de muestreo Fecha de Muestreo	Sitio de muestreo	Nº de Muestras	Total
1º Tercera semana de Agosto del 2006	*5	**6	30
2º Primera semana de Septiembre del 2006	5	**6	30
3º Tercera semana de Septiembre del 2006	5	**6	30

Nota:

*De las cinco muestras se tiene:

3 muestras tomadas dentro del Lago

2 muestras tomadas en los ríos Angue y Ostua.

** De las seis muestras se tiene:

5 muestras para análisis Físico-químico

1 muestra para análisis bacteriológico

4.4 Selección del lugar (Anexo 8)

Se hicieron visitas de inspección en lancha al Lago de Guija para seleccionar los sitios idóneos para la toma de muestras, se han tomado en cuenta las posibles fuentes de contaminación como: desechos agrícolas, áreas de canteras, vertidos domésticos, e industriales por las fabricas de cemento CESSA y MAYA aledañas al lago y la adición de nutrientes a corrales para la actividad de la acuicultura.

Punto N° 1:

El lugar seleccionado es un sitio denominado “El Pitajayo” el cual se encuentra en la parte central del lago, en el territorio correspondiente a El Salvador; este sitio no presenta ningún signo de contaminación a simple vista, por encontrarse alejado de las poblaciones que se encuentran alrededor del Lago de Güija. Este punto servirá como referencia con respecto a los otros cuatro puntos por presentar una contaminación nula.

Punto N° 2:

En el extremo superior Noroeste del Lago de Guija otro punto de muestreo es “Angue” el cual esta mas próximo a zonas que se utilizan para la actividad agrícola.

Nota: con el fin de conocer cual es el la carga contaminante que el río proporciona al lago, para el primer muestreo se tomo la muestra dentro del río.

Punto N° 3:

Otro punto de muestreo muy importante de evaluar; es la desembocadura del Río Ostúa cerca del caserío la Barra; debido a que sus aguas provienen del territorio de Guatemala.

Nota: con el fin de conocer la carga contaminante que el río proporciona al lago, para el primer muestreo se tomo la muestra dentro del río.

Punto N° 4:

“Azacualpa” sitio con gran afluencia turística, por lo cual hay mayor afluencia de bañistas.

Punto N° 5:

El quinto lugar es un sitio cercano a una población bastante grande llamada “El Desagüe” donde se nota la incidencia de diferentes tipos de contaminantes domésticos, ya que esa población no cuenta con servicio de aguas negras.

4.5 Calidad Físico-Química.**4.5.1 Parte Experimental.**

La toma de las muestras se hizo en el periodo que comprende la tercera semana de Agosto, la primera y tercera semana de Septiembre de 2006. Que en total hacen 3 muestreos.

Se utilizó una lancha para transportarse a cada uno de los sitios de muestreo, y a bordo de ella se tomaran las muestras.

4.5.2 Medición de Parámetros en Campo:

Antes de la toma de muestra se introdujo en el punto seleccionado una sonda multiparámetros TROLL 9500 (Anexo 7), que posee unos electrodos en su interior y que esta conectada a un medidor en donde se muestra las lecturas a través de una pantalla digital, esta sonda mide los siguientes parámetros: pH, conductividad temperatura ambiente, temperatura de la muestra, sólidos disueltos y oxígeno disuelto.

4.5.2.1 Evaluación de Parámetros en Campo:

La sonda multiparámetro TROLL 9500 (Anexo 7), se introdujo a diferentes profundidades para tomar los parámetros antes mencionados, y tomando como referencia los cambios de pH, oxígeno disuelto, conductividad y temperatura se seleccionan las profundidades para la toma de la muestra.

NOTA:

Cuando se evaluó los parámetros fue necesario tomar observaciones sobre las condiciones que se presentan en el punto seleccionado por ejemplo: presencia o ausencia de viento, nublado, presencia de espuma, etc.

Las muestras se recolectaron en frascos limpios de polietileno con capacidad de un litro para los análisis físicos- químicos y para los microbiológicos en frascos de plástico con capacidad de 100 mL previamente esterilizado en autoclave; los frascos para DBO fueron preparados con anterioridad para evitar interferencia.

TABLA N° 3. PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA SER MEDIDOS EN CAMPO Y SU APLICACIÓN

No	Parámetros	Unidad	Vida Acuática	Actividad Recreativa
1	Temperatura Ambiente	°C	x	
2	Temperatura Del Agua	°C	x	
3	pH	Unidades de pH	x	
4	Conductividad	μSiemens/cm	x	
5	Turbidez	FAU	x	x
6	Oxígeno Disuelto	mg/L	x	x

4.5.3 Proceso de recolección de muestra para Análisis Físico- Químico y Bacteriológico ⁽¹⁾

Para la recolección de la muestra se utilizó una botella de profundidad que contiene un tubo de plástico un mensajero y un cable graduado en metros (Figura 16, Anexo 7).

- 1) Abrir el extractor levantando los elementos de cierre.
- 2) Fijar el mecanismo disparador
- 3) Bajar el extractor a la profundidad deseada (profundidad previamente Seleccionada de acuerdo a los parámetros de campo: oxígeno disuelto, Temperatura y pH los cuales son tomados con el aparato TROLL 9500)

- 4) Activar el mensajero de metal para disparar el mecanismo que cierra los extremos del muestreador.
- 5) Elevar el equipo, trasvasar la muestra a las botellas individuales a través de la válvula de drenaje teniendo el cuidado de ambientar los frascos antes de ser llenados exceptuando la botella para el análisis bacteriológico.

NOTA:

Las botellas para DBO se llenan a rebalse de manera que no quede burbujas que puedan interferir con el análisis.

- 6) Preservar la muestra adicionando ácido sulfúrico a la muestra para análisis de DBO y almacenar en hielera.
- 7) Se tapa y se rotula con los siguientes datos:
 - Nombre del punto donde se toma la muestra.
 - Fecha.
 - Hora.
 - Temperatura.
 - Nombre del parámetro a determinar.
- 8) Transportar las muestras en hielera a una temperatura aproximada de 4°C hasta el laboratorio de análisis de agua del SNET para su respectivo Análisis.

4.5.3.1 Proceso de recolección de muestra para análisis Físico-Químico y Bacteriológico en el sitio turístico ⁽¹⁾

- 1) Sostener la botella cerca de su base con una mano y sumergirla boca abajo a una profundidad de 0.3 m por debajo de la superficie del agua.
- 2) Girarla hasta que el cuello apunte hacia arriba, con la boca dirigida hacia la corriente.
- 3) Llenar las botellas (teniendo el cuidado de dejar un espacio libre para el análisis bacteriológico.)
- 4) Seguir el procedimiento anterior de los numerales 6, 7 y 8.

4.6 Parámetros De Calidad del Agua

En cada uno de los sitios de toma de muestras se tomo parámetros de calidad de agua “in situ” como: temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, conductividad, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, porcentaje de saturación de oxígeno disuelto.

Dichas mediciones se realizaron con el Equipo TROLL 9500 y mediciones de transparencia o turbidez con el Disco Secchi.

TABLA N° 4. PARÁMETROS SELECCIONADOS PARA SER MEDIDOS EN LAS MUESTRAS RECOLECTADAS Y SU APLICACIÓN

N.	Parámetros	Unidad	Vida Acuática	Actividad Recreativa
1	DBO ₅	mg/L	X	
2	Fosfatos	mg/L	X	
3	Nitratos	mg/L	X	
4	Sólidos disueltos totales	mg/L	X	
5	Turbidez	FAU	X	X
6	Temperatura	°C	X	
7	Oxígeno Disuelto	mg/L	X	X
8	Coliformes fecales	NMP/100mL	X	X
9	pH	Unidades de pH	X	

4.7 Determinación de Carga Contaminante.

Para los puntos N° 2 Angue y N° 3 Ostua durante el primer muestreo las muestras fueron tomadas dentro de los ríos. Para cuantificar y conocer la carga contaminante que dichos ríos aportan al Lago de Guija.

Para obtener esta información se contó con la información de los caudales de los ríos Ostua y Angue y la cuantificación de las cargas contaminante fue en términos de Sólidos Totales, Nitratos, Fosfatos, DBO₅ en mg/L y Coliformes fecales en NMP/100mL

La Carga Contaminante se expresa en Kg/día. Excepto para Coliformes fecales que se reporta NMP/ día.

El cálculo se efectúa de la siguiente manera:

Realizando las conversiones de unidades de mg/L a Kg/día y NMP/100mL a NMP/día.

Formula:

Carga Contaminante= Concentración del Contaminante (mg/L)* Volumen del caudal (m³/seg.)*día

4.8 Parámetros Físico- Químicos:

4.8.1 Conductividad Eléctrica ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 4)

Fundamento.

Es una expresión numérica de la capacidad de una solución para transportar una corriente eléctrica.

Es indicativa de la materia ionizable total presente en el agua.

Procedimiento:

- Lavar el electrodo con agua destilada
- Encender el conductivímetro, la pantalla mostrará 0.0ms/cm.
- Introducir el electrodo en el manantial directamente, aparecerá el resultado de la conductividad, con unidades de milimhos/cm.
- Convertir estas unidades a $\mu\text{mho/cm}$.
- Reportar el dato obtenido

4.8.2 Turbidez ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método Nefelométrico

Fundamento.

Este método se basa en la comparación de la intensidad de la luz dispersada por la muestra en condiciones definidas y la dispersada por una solución patrón de referencia en idénticas condiciones.

Procedimiento:

- Colectar una muestra representativa en un recipiente limpio. Llene una de las celdas de muestra hasta la línea marcada (unos 15 mL), cuidando de manipular la celda por el cuello.
- Poner la tapa, limpie el exterior de la celda con una tela suave y limpia para retirar manchas de líquido y huellas digitales.
- Aplicar una capa delgada de aceite de silicona, limpiar con una tela suave para emparejar la capa de aceite por toda la superficie.
- Colocar el aparato sobre una superficie plana y resistente, no hay que sostenerlo mientras se realiza la medición.
- Introducir la celda en el compartimiento para la celda del instrumento de modo que la marca de orientación de la celda éste con la marca en el frente del compartimiento para celdas, cerrar la tapa.
- Determinar la selección del rango automático o manual, pulsando la tecla RANGE. La pantalla mostrará AUTO RING cuando el instrumento este en el rango automático.

- Elegir el modo que promedia la señal pulsando la tecla SIGNAL AVERAGE. La pantalla mostrará SIG AVG cuando el instrumento emplea promediado de señales. Usar modo promediado de señal si la muestra da una señal ruidosa. Pulsar READ. La pantalla mostrará :----FAU y luego la turbidez en FAU anotar esta cifra después que se apague el símbolo de la lámpara.

4.8.3 COLOR ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Determinación de Color Aparente y Color Verdadero.

Método: Espectrofotométrico

Fundamento.

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible.

Muestreo y Almacenamiento

Colectar las muestras en frascos limpios de plásticos o de vidrio. Las muestras deben ser analizadas tan pronto sea posible para obtener mejores resultados.

Si es imposible realizar el análisis inmediatamente, llene los frascos completamente y cerrar con fuerza el tapón, evitar excesiva agitación o prolongado contacto con el aire. Las muestras pueden ser preservadas por 48 horas por enfriamiento a 4°C (39°F). Antes de hacer la corrida de la prueba llevar a temperatura ambiente.

Si el patrón estándar de Cloroplatinato de Cobalto no está disponible prepararlo (Anexo 4).

Procedimiento

Medición de color aparente

- Llenar la celda de muestra con 25 mL de agua desionizada sin filtrar y descartar el exceso.
- Entre el programa almacenado de color aparente
- presionando (120) y se marca ENTER y la pantalla mostrará DIAL 455 nm .
- Rotar el dial de Longitud de onda hasta 455 nm , cuando se encuentre colocada correctamente la Longitud de onda la pantalla mostrara ZERO SAMPLE y posteriormente: UNITS Pt-Co .

Medición de color verdadero

- Ensamblar el aparato de filtrado (membrana de filtrado, porta filtro, frasco de filtrado y aspirador).
- Lavar el filtro minuciosamente con 50 mL de agua desionizada y descarte el agua de enjuague.
- Verter 50 mL de agua desionizada con cuidado y guarde el filtrado para el paso número cuatro.
- Llenar la celda de muestra con 25 mL de blanco (filtrado de agua desionizada) y descartar el exceso
- Entrar el programa de color aparente ó verdadero presionando (125) y se marca ENTER y la pantalla mostrara DIAL 465 nm.

- Rotar el dial de Longitud de onda hasta 465 nm, cuando se encuentre colocada correctamente la Longitud de onda la pantalla mostrara ZERO SAMPLE y posteriormente: UNITS Pt-Co .
- Coloque el blanco en el porta celda y cierre la tapa para evitar el paso de luz.
- Presionar ZERO aparecerá en pantalla 0 UNITS Pt. Co APHA
- Coloque la muestra preparada en el po3rta celda y cierre la tapa para evitar el paso de luz.
- Presione READ aparecerá en la pantalla Reading (leyendo) y entonces mostrará el resultado en unidades de platino- Cobalto.

Cálculos.

Reportar el resultado leído directamente del espectrofotómetro si no se ha aplicado dilución, pero si esta se ha aplicado multiplicar el valor leído por el factor de dilución.

4.8.4 Temperatura. ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método Directo.

Fundamento:

Medida del grado de calor o frío que presenta un determinado cuerpo.

Procedimiento:

- Introducir el termómetro en el agua del Lago de Guija.
- Dejar que el termómetro mida la temperatura por aproximadamente un par de minutos.
- Anotar la temperatura.

4.8.5 Fosfatos. (1)

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método Del Ácido Ascórbico (0 – 2.50 PO³⁻).

Fundamento:

Los fósforos presentes en el agua se determinan convirtiéndolos a la forma Ortofosfato. El complejo Antimonio fosfomolibdato es formado por la reacción con molibdato de amonio y tartrato de antimonio y potasio en medio ácido. Éste complejo es reducido a un complejo de molibdeno azul por el ácido ascórbico, se lee en un espectrofotómetro, a una longitud de onda de 890 nm.

Muestreo y Almacenamiento

Colectar las muestras en botes de vidrio o plástico que hayan sido lavados con solución de ácido clorhídrico 1:1 y enjuagado con agua desionizada. No usar detergentes comerciales conteniendo fosfatos para limpiar la cristalería usada en análisis de fosfatos.

Analizar las muestras inmediatamente después de que han sido colectadas para mejores resultados. Si el análisis inmediato es imposible, preservar las muestras por más de 48 horas, filtrando inmediatamente y preservando la muestra a 4 °C.

Procedimiento:

- Introducir el número del programa almacenado para el método del Ácido Ascórbico el Fósforo Reactivo. Presionar (490) ENTER la pantalla mostrará: Dial nm to 890 .

Nota:

La celda puede ser usada solamente con reactivos para 25 mL.

- Rotar el dial de Longitud de onda hasta que la pantalla muestre 890 nm.
- Cuando la Longitud de onda correcta ha sido seleccionada la pantalla rápidamente mostrara: ZERO SAMPLE, posteriormente: mg /L de PO_4^{3-} PV.
- Insertar la base para la celda de 10 mL dentro del porta celda.
- Llenar una celda de 10 mL, con 10 mL de muestra.
- Agregar el contenido de una almohadilla de polvo para Fosfato reactivo PhosVer3 (Reactivo Especial) para 10 mL de muestra en la celda (la muestra preparada). Agitar inmediatamente para mezclar.

Nota:

Usar un periodo de 10 minutos de reacción, si se está determinando fósforo total después de haber hecho la digestión del ácido persulfato.

- Llenar una segunda celda de 10 mL con 10 mL de muestra (este será el blanco).
- Cuando suene la alarma de tiempo, la pantalla mostrará: mg /L PO_4^{3-} PV.
- Colocar el blanco dentro del porta celda. Cerrar el porta celda.
- Presionar ZERO la pantalla mostrara Zeroing, Posteriormente: 0.00 mg PO_4^{3-} PV/L.
- Colocar la muestra preparada dentro del porta celda. Cerrar el porta celda.

Nota:

Hacer un blanco de reactivos para esta prueba. Usar agua desionizada en lugar de la muestra en los pasos. Sustraer este resultado de todos los resultados de la prueba corrida con el reactivo PhosVer3 (reactivo especial utilizado)

- Presionar READ, la pantalla mostrara Reading. A continuación el resultado en mg /L PO_4^{3-} será mostrado. Utilizar las flechas para obtener las formas: P, PO_4^{3-} , P_2O_5 .

4.8.6 Nitrógeno Amoniacal ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método de análisis colorimétrico Nessler**Fundamento:**

Concentración del nitrógeno amoniacal en agua es determinada por la reacción del ión amonio, con el reactivo de Nessler, resultando una suspensión coloidal que es medida Espectrofotometricamente a una longitud de onda de 425 nm.

Muestreo y Almacenamiento

Colectar las muestras en botellas limpias de vidrio o de plástico. Si hay cloro presente, agregar una gota de tiosulfato de sodio 0.1 N por cada 0.3 mg/L de Cl_2 en la muestra de un litro. Preservar la muestra reduciendo el pH a 2 ó menos con ácido sulfúrico (por lo menos 2 mL). Almacenar a 4 °C (39 °F) ó menos. Las muestras preservadas se pueden guardar hasta por 28 días. Antes

de analizarlas, calentar las muestras hasta la temperatura ambiental y neutralizarlas con hidróxido de sodio 5.0 N. Corregir el resultado por las adiciones volumétricas.

Procedimiento:

- Introducir el número del procedimiento preprogramado para Nitrógeno amoniacal. Presionar 380 READ/ENTER, La pantalla mostrará 425 nm.

Nota:

Ajuste el pH de las muestras almacenadas antes del análisis, la celda antes del procedimiento, limpiar la celda vierta un poco de cristales tiosulfato de sodio pentahidratado a través de un embudo, estos cristales se enjuagan con agua desionizada y enjuagar la celda con esta agua, después descartarla.

- Girar la perilla de longitud de onda hasta que la pantalla muestre 425 nm.

Nota:

Esta prueba es susceptible a la graduación de la longitud de onda. Para asegurarse de obtener resultados exactos, hacer la prueba utilizando una solución estándar de 1.0 mg/L y un blanco de agua desionizada. Repetir los pasos del 9 al 12 con longitudes de onda levemente distintas, fijando el cuadrante primero a valores mayores y bajando hacia los menores, hasta obtener el resultado correcto. La longitud resultante debe ser 425 ± 2 nm. Al hacer este ajuste de la longitud, siempre proceda de valores mayores a valores menores.

- Presionar READ/ENTER. La pantalla mostrará: mg/L N NH₃ Nessler

Llenar una probeta graduada para mezclar 25 mL (la muestra preparada) con muestra hasta la marca de 25 mL.

Nota:

Para la prueba de exactitud, usar una solución estándar de Nitrógeno amoniacal de 1.0 mg/L.

- Llenar otra probeta de 25 mL con agua desionizada para el blanco.
- Agregar 3 gotas de estabilizador mineral a cada probeta.
- Invertirlos varias veces para que se mezclen.
- Agregar 3 gotas de agente dispersante de alcohol polivinílico (sosteniendo el gotero en posición exactamente vertical). Invertir varias veces para mezclar.
- Pipetear 1 mL de reactivo Nessler en cada probeta. Colocar tapón e invertir varias veces para mezclar.

Nota:

El reactivo Nessler es tóxico y corrosivo. Usar la pipeta con cuidado, y usar un perrilla para pipeta.

Aparecerá un color amarillo si hay amoníaco presente. (En el blanco, el reactivo originará un color amarillo muy pálido).

- Presionar Shift Timer” que nos dará un periodo de reacción de 1 minuto.

Nota:

Continuar con el paso 9 mientras el tiempo sigue corriendo.

- Verter cada solución en una celda de muestra para el blanco y para la muestra preparada, respectivamente.

- Cuando haya transcurrido el tiempo (un minuto) la pantalla mostrará mg /L $\text{NH}_3\text{- N}$ Ness, Colocar el blanco en el porta celda y cierre el paso de la luz. Presionar ZERO, y la pantalla mostrará Zeroing y posteriormente 0.00 mg $\text{NH}_3\text{- N}$ Ness
- Colocar la muestra preparada en el porta celda, y cerrar el paso de la luz.
- Presionar la tecla READ la pantalla mostrará Reading (leyendo), y luego aparecerá el resultado en mg/L de amoníaco expresado como Nitrógeno (N de NH_3).

Nota: No demorar más de cinco minutos después de añadir el reactivo Nessler antes de ejecutar el último paso.

Los resultados se pueden expresar como mg/L de amoníaco (NH_3) ó mg/L de amonio (NH_4^+) multiplicando el resultado anterior por 1.22 y 1.29 respectivamente.

- Reportar el resultado de la lectura directa del aparato si no se ha hecho dilución, de lo contrario multiplicar el dato de la lectura por la dilución realizada.

4.8.7 Nitritos ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método de Diazotización.

Muestreo y almacenamiento

Colectar las muestras en recipientes de vidrio o de plástico limpios.

Almacenar las muestras a 4 °C (39 °F) ó menos si la muestra será analizada entre 24 y 48 horas después. Dejar que las muestras alcancen la temperatura ambiental antes de analizarlas. Para preservar las muestras por períodos más largos, agregar 4 mL de solución de cloruro mercúrico, (el uso de este reactivo no se recomienda por razones ambientales y de salud), por cada litro de muestra, y mezclar. Aún así, se requiere refrigerar estas muestras. No usar preservantes ácidos

Procedimiento:

- Introducir el número del procedimiento preprogramado para nitrito de bajo rango. Presionar 371 READ/ENTER, la pantalla mostrará, Dial to 507 nm.
- Hacer girar la perilla de longitud de onda hasta que la pantalla muestre 507 nm
- Presionar READ/ENTER, la pantalla mostrará mg/L N NO₂⁻LR
- Llenar la celda con 10 mL de muestra.
- Añadir el contenido de una almohadilla de reactivo de NitriVer3 (muestra preparada). Tapar la celda y agite hasta disolución del polvo.

Nota:

Un color rosado se desarrollará si el nitrógeno de nitrito está presente

Un tono rojo indica que la concentración de nitritos es alta, hay que hacer dilución y seguir con el paso 4 en adelante. El resultado multiplicarlo por el factor de dilución.

- Presionar “Shift Timer” para contabilizar 20 minutos de reacción.
- Cuando el tiempo se haya cumplido, la pantalla mostrará mg/ L NO_2^- - N LR.
Llenar una segunda celda con 10 mL de muestra (blanco).
- Colocar el blanco en el porta celda, Cerrar la tapa de entrada de luz.
- Presionar la tecla ZERO. La pantalla mostrará Zeroing... y posteriormente:
0.000 mg /L NO_2^- -N LR
- Remover el tapón de la celda de muestra y colocarla en el porta celda. Cerrar la tapa de entrada de luz.
- Presionar tecla READ. La pantalla mostrará Reading.(leyendo),
- posteriormente el resultado en mg/L de nitrito expresado como Nitrógeno (NO_2^- -N) será mostrado.

4.8.8 Nitratos ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método De Reducción Con Cadmio (0 – 30.0 mg / L NO_3^- - N)..

Muestreo y Almacenamiento

Colectar las muestras en frascos de plástico limpios

Almacenar a 4 °C (39 °F) ó menos si la muestra será analizada entre las 24 a 48 horas. Dejar que las muestras alcancen la temperatura ambiental antes de analizarlas. Para preservar las muestras, hasta 14 días máximo, ajustar el pH a 2.0 ó menos con Acido sulfúrico ACS (agregar 2 mL por litro). Aún así, se requiere refrigerar estas muestras.

Antes del análisis dejar que la muestra alcance la temperatura ambiental.

Neutralizar la muestra con solución de Hidróxido de Sodio 5.0 N.

No usar compuestos de mercurio como preservante.

Corregir los resultados tomando en cuenta las adiciones de volumen.

Procedimiento:

- Ingresar el programa almacenado para alto rango de nitratos presionando (355) ENTER. Deberá aparecer en la pantalla 500 nm

Nota:

Las celdas que se utilicen deben ser bien enjuagadas con aguas desionizada antes y después de utilizarlas. Evitar contaminar cualquier partícula de cadmio dentro de la celda del espectrofotómetro.

- Girar la perilla hasta llegar a los 500 nm. Cuando se ha puesto la longitud de onda correcta aparecerá inmediatamente en la pantalla “Zero sample” y posteriormente “mg/ L N de NO₃⁻ HR

- Llenar la celda con 25 mL de muestra.

Nota:

Deberá determinarse un blanco para cada lote de reactivo NitraVer5. Desarrollar desde el paso 3 al 11 utilizando agua desionizada como muestra. Restar este valor de cada resultado obtenido con este lote de reactivo.

- Añadir el contenido de un envoltorio de reactivo NitraVer5 a la celda preparada con muestra. Taparlo.
- Presionar “Shift timer”. Agite la celda vigorosamente hasta que suene la alarma en un minuto.

Nota:

El tiempo de agitación y la técnica influye en el desarrollo del color para resultados más exactos, haga pruebas sucesivas con una solución estándar. Ajustar el tiempo de agitación para obtener el resultado correcto.

- Cuando suene la alarma presione nuevamente “Shift timer”. Iniciara un período de reacción de 5 minutos.

Nota:

Un color amarillo pálido se desarrollara si el nitrato esta presente.

- Llene otra celda con 25 mL de muestra (el blanco).
- Cuando suene la alarma, la pantalla mostrara mg/ L de $\text{NO}_3\text{-N}$ HR. Colocar el blanco en el espectrofotómetro y cerrarlo.
- Presionar Zero y esperar a que aparezca en la pantalla: 0.000 mg/ L de $\text{NO}_3\text{-HR}$
- Sacar el blanco y colocar la muestra preparada y cerrar el espectrofotómetro

Nota:

Un depósito de cadmio permanecerá después que se disuelva el reactivo NitraVer5 (reactivo especial utilizado) el cual no afectará los resultados.

- La celda de vertido puede usarse en este procedimiento, si se enjuaga con agua desionizada poco después de cada análisis. Evite verter partículas de cadmio en la celda.
- Presionar READ hasta que la pantalla del espectrofotómetro muestre el resultado de la muestra en mg/L $\text{NO}_3\text{-N}$.

Nota:

Los resultados se pueden expresar como mg /L de Nitrato (NO_3^-) multiplicando los mg/L de Nitrógeno Nítrico (N de NO_3^-) por 4.4

Enjuagar la celda de muestra inmediatamente después de cada uso, para retirar todas las partículas de cadmio.

Cálculos:

Reportar el resultado leído directamente del espectrofotómetro si no se ha aplicado dilución, pero si esta se ha aplicado multiplicar el valor leído por el factor de dilución.

4.8.9 Determinación De pH ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método: Electrométrico.

Fundamento.

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógenos, se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones H⁺.

Procedimiento:

- Antes de usar, remover el electrodo de la solución de almacenamiento, lavar y secar con un paño suave, poner en su lugar una solución buffer y seleccionar el punto de pH 7.0.
- Seleccionar una segunda solución buffer dentro de 2 unidades de pH de la muestra y hacer llegar la muestra y esta solución a la misma temperatura (± 25 °C, o la temperatura de la muestra fresca).
- Remover el electrodo de la primera solución buffer, lavar abundantemente con agua destilada, secar y sumergir en la segunda solución buffer.
- Anotar la temperatura de la medida y ajustarla con el dial del medidor, esta medida indica el valor del pH o del buffer a la temperatura de la prueba. (Este es un ajuste de la pendiente).
- Remover el electrodo del segundo buffer, lavar abundantemente con agua y secar el electrodo.
- Establecer un equilibrio entre los electrodos y la muestra mediante la agitación de la muestra para asegurar la homogeneidad; agitar suavemente para minimizar la absorción de dióxido de carbono.

- Sumergir los electrodos en cada una de las muestras.
- Leer y registrar los valores de pH.

4.8.10 Oxigeno Disuelto (OD) ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método De Análisis: Electrodo de Membrana

Fundamento:

El Oxigeno Disuelto se determina mediante la lectura directa a través de los electrodos de membrana sensibles al Oxigeno.

Se determina el OD inicial a una muestra inmediatamente y el OD final a una muestra incubada mas o menos 20°C por 5 días (DBO₅).

Preservación de las muestras:

Las muestras son preservadas con 1mL de Azida más 1mL de sulfato manganoso.

Preparación del agua de dilución:

- Colocar el volumen deseado de agua destilada y aireada en un frasco adecuado.
- Por cada litro de solución que desee prepararse extraen 4.0 mL de agua los cuales son sustituidos por 1.0 mL de cada una de las soluciones siguientes:
- Amortiguadoras de Fosfato
- Sulfato de Magnesio,

- Cloruro de Calcio
- Cloruro Férrico

Procedimiento:

- Colocar 3.0 mL de muestra cuidadosamente homogenizada en 2 frascos para DBO limpios y secos: uno para incubación (frasco #2) y otro para determinación del OD inicial en la mezcla (frasco #1).
- Diluir a 300mL con agua de dilución y tapan inmediatamente para evitar la incorporación de oxígeno del ambiente.
- Incubar el frasco #2 por cinco días a 20°C.
- Insertar el electrodo del Oxímetro Hach en el frasco #1 y tomar la lectura.

4.8.11 Demanda Bioquímica De Oxígeno (DBO) ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Fundamento:

El método consiste en llenar con muestra hasta rebalse, una botella hermética de tamaño específico e incubarla a una temperatura específica durante 5 días.

El oxígeno disuelto es medido inicialmente y después de la incubación y el DBO es calculado de la diferencia entre el Oxígeno Disuelto inicial y el final. Debido a que el oxígeno disuelto inicial es determinado inmediatamente después que se ha realizado la dilución, todo el oxígeno consumido, incluyendo el que ocurre en los primeros 15 minutos, está incluido en la medida de DBO.

Muestreo y Almacenamiento

Las muestras para el análisis de DBO pueden degradarse significativamente durante el almacenamiento entre la colecta y el análisis, resultando en bajos valores de DBO. Minimizar la reducción de DBO analizando la muestra lo más pronto posible o por medio de enfriamiento a la temperatura cercana al congelamiento durante el almacenamiento. Sin embargo, aún a temperaturas bajas, mantener el tiempo de almacenamiento al mínimo. Dejar las muestras a temperatura ambiente antes de realizar el análisis.

Si el análisis es comenzado dentro de 2 horas de la colecta, el almacenamiento en frío es innecesario.

Procedimiento:

- Tomar los datos obtenidos del Oxígeno Disuelto Inicial
- Proceder a realizar el cálculo con la fórmula siguiente

$$DBO_5, mg/L = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Donde:

D_1 = OD de la muestra diluida inmediatamente después de la preparación.

D_2 = OD de la muestra diluida con el agua de dilución después de 5 días de incubación.

P = fracción volumétrica decimal de muestra usada.

4.8.12 Demanda Química De Oxígeno (DQO) ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método Colorimétrico

Fundamento:

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por materias oxidables contenidas en el agua y se expresa en ppm de oxígeno de la capacidad del consumo de oxígeno de los oxidantes orgánicos presentes en las aguas de desecho.

Preservación de la muestra:

Adicionar a la muestra recolectada 2 mL de ácido sulfúrico concentrado.

Muestreo y Almacenamiento

Preferiblemente coleccionar las muestras en envases de vidrio. Analizar las muestras inestables sin demora. Si la demora antes del análisis es inevitable, preservar la muestra por acidificación a $\text{pH} \leq 2$ usando H_2SO_4 concentrado.

Preferiblemente acidificar las muestras que son coleccionadas y no pueden ser analizadas el mismo día. Mezclar las muestras que contienen sólidos sedimentables con un homogenizador que permita un muestreo representativo. Hacer diluciones preliminares para aguas de desecho conteniendo un DQO alto para reducir el error inherente en la medición de pequeños volúmenes de muestra.

Procedimiento de Digestión:

- Homogenizar 100 mL de muestra durante 30 segundos en un mezclador (p. Ej. Licuadora)
- Encender el Reactor de COD. Precalear a 150 °C. Colocar la pantalla plástica protectora enfrente del reactor.
- Remover la tapadera del tubo de digestión de acuerdo al rango apropiado
- Mantener el tubo de digestión con un ángulo de inclinación de 45°. Pipetear 2 mL (0.2 mL para el rango de 0 a 15,000 mg/L) de muestra en el tubo.
- Poner la tapadera del tubo de digestión y apretarlo.
- Enjuagar el tubo de digestión en el exterior con agua desionizada y secar con papel toalla.
- Sostener el tubo de digestión de la tapadera e invertirlo suavemente varias veces para mezclar el contenido.
- Colocar el tubo en el Reactor de COD precalentado.
- Preparar un blanco repitiendo los pasos del 3 al 6 sustituyendo la muestra por agua destilada en la misma cantidad dependiendo del rango de concentración utilizado.
- Dejar los tubos durante 2 horas dentro de reactor.
- Apagar el reactor. Esperar aproximadamente 20 minutos para que los tubos se enfríen hasta 120 °C ó menos.
- Invertir cada tubo varias veces mientras esté tibio
- Colocar los tubos en una gradilla. Esperar hasta que los tubos hayan se hayan enfriado a la temperatura ambiental

- Si un color verde aparece en la muestra digerida, medir el DQO y, si es necesario, repetir la prueba con una muestra diluida.

Procedimiento de Determinación Colorimétrica:

Ingresar el número del programa para Demanda Química de Oxígeno (Anexo 6)

- Rotar la perilla de la longitud de onda hasta que la pantalla muestre la longitud de onda correspondiente al rango de trabajo de interés.
- Colocar el adaptador para tubos de DQO en el compartimiento de las celdas con la marca hacia la derecha.
- Limpiar el exterior del blanco con un papel toalla suave
- Colocar el blanco en el adaptador con el logo hacia el frente del instrumento
- Colocar la cubierta en el adaptador.
- Presionar ZERO La pantalla mostrará: Zeroing, posteriormente aparecerá: 0. mg/L COD.
- Limpiar el exterior del tubo conteniendo a la muestra con papel toalla suave
- Colocar el tubo de la muestra en el adaptador con el logotipo hacia el frente del instrumento, Colocar la cubierta del adaptador.
- Presionar: READ La pantalla mostrará: Reading, posteriormente el resultado en mg/L será mostrado.
- Tomar nota de la lectura.

4.8.13 Sólidos Suspendidos ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método: Gravimétrico

Fundamento.

Una muestra bien mezclada es filtrada a través de un filtro estándar de fibra de vidrio previamente pesado, y el residuo retenido sobre el filtro es secado hasta peso constante a 103- 105 °C. El incremento en el peso del filtro representa a los sólidos suspendidos totales.

Procedimiento:

Preparación del disco de filtro de fibra de vidrio.

- Insertar un disco doblado en el aparato de filtración.
- Aplicar vacío y lavar el disco con tres porciones de 20 mL de agua grado reactivo.
- Continuar la succión para remover toda traza de agua, y descartar el lavado.
- Remover el filtro del aparato de filtración y transferirlo a un plato de aluminio pesado.
- Tener el cuidado de prevenir que se adhiera el filtro seco a la capsula de porcelana.
- Alternativamente pesar el filtro seco y la capsula de porcelana ambos antes y después de la filtración.
- El material filtrado que queda adherido a las paredes de la capsula de porcelana debe de ser añadido al filtro para evitar errores.

- Si el crisol Gooch es usado, remover el crisol y combinar la filtración.
- Secar en un horno a 103 - 105°C por 1 hora.
- Enfriar en desecador para balancear la temperatura y pesar.
- Repetir el ciclo de secado o calcinación, enfriamiento, desecación y pesada hasta obtener un peso constante o hasta un cambio de peso menor al 4 % del peso anterior. Guardar en desecador lo necesario.

Selección del tamaño del filtro y muestra.

El diámetro recomendado para el filtro es de 47 mm., y las marcas y tipos sugeridos por los Métodos Estándar son: Whatman grade 943 AH; Gelman type A/E; Millipore type AP40; E-D Scientific Specialties grade 161.

Análisis de muestras.

- Ensamblar el aparato de filtración y comenzar la succión.
- Humedecer un filtro con un pequeño volumen de agua grado reactivo para adherirlo.
- Agitar la muestra con un agitador magnético,
- Mientras se agita pipetear un volumen 25 ml medido con pipeta volumétrica sobre el filtro de fibra de vidrio adherido.
- Lavar con tres volúmenes sucesivos de 10 mL de agua grado reactivo, permitiendo el drenaje completo entre el lavado.
- Continuar la succión cerca de 3 min. Después que la filtración ha sido Completada.

- Remover cuidadosamente el filtro del aparato de filtración y transferir a una capsula de porcelana.
- Alternativamente remover la combinación del crisol y el filtro del adaptador si el crisol de gooch es utilizado.
- Secar por un lapso de 1 hora a 103- a 105 °C en un horno.
- Enfriar en un desecador para balancear la temperatura y pesar.
- Repita el ciclo de secado, enfriamiento, desecación, y pesado hasta obtener un peso constante, o hasta un cambio no menor de peso del 4% del peso anterior ó 0.5 mg, cualquiera de los cuales que sea menor.

Cálculos:

$$\text{mg totales de sólidos suspendidos /L} = \frac{(A-B) * 1000000}{\text{Vol. Muestra (mL)}}$$

Donde:

A = peso del filtro + residuo seco.

B = peso del filtro en gramos

4.8.14 Sólidos Disueltos ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método: Gravimétrico.

Fundamento:

Una muestra bien mezclada es filtrada a través de un filtro estándar de fibra de vidrio, el filtrado es evaporado a sequedad en una capsula de porcelana secado y pesado a peso constante a 180°C. El incremento del peso en la capsula de porcelana representa los sólidos totales disueltos

Procedimiento:

- Preparación del filtro de disco de fibra de vidrio: inserte el disco con doblez a un lado en el aparato de filtración. Aplicar vacío y lavar con tres porciones de 20 mL de volumen de agua desionizada. Continúe la succión y remueva trazas con agua. Descarte lavado

Preparación y evaporación de fuente:

- Calentar la capsula de porcelana a $180 + 2^{\circ}\text{C}$ por 1 hora en una estufa. Después poner en desecador hasta enfriamiento. Pesar inmediatamente antes de usar.
- Selección del filtro y tamaño de la muestra: Escoger el volumen de la muestra en una proporción entre 10 a 200 mg de residuo seco.

Análisis de la muestra:

- Agitar la muestra con un agitador magnético y pipetear un volumen de 50 mL medido y agregarlo sobre un filtro de fibra de vidrio con la aplicación de vacío.
- Lavar con tres porciones sucesivas de 10 mL de agua grado reactivo, permitiendo el completo drenaje entre los lavados y continuar la succión por cerca de tres minutos a completar la filtración.
- Transferir el filtrado total (con lavado) a una cápsula de porcelana y evaporar a sequedad sobre un baño de vapor o en un horno secador.
- Si es necesario, agregar sucesivamente porciones al mismo disco después de la evaporación.

- Secar la muestra evaporada por lo menos durante de 1 hora en una estufa a $180 \pm 2^\circ\text{C}$
- Enfriar en un desecador hasta balancear la temperatura y pesar.
- Repetir el ciclo de secado, enfriamiento secado y pesado hasta obtener un peso constante o un cambio menor del 4% del peso anterior ó 0.5 mg, o cualquier otro menor. Determinaciones de duplicados deberían de coincidir dentro del 5 % de los promedios.

Cálculos:

$$\text{mg Sólidos totales Disueltos/ L} = \frac{(A-B)*1000000}{\text{Volumen de muestra}}$$

Donde:

A = peso del residuo seco + plato (g)

B = peso del plato (g)

4.8.15 Sólidos Totales ⁽¹⁾

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método Gravimétrico.**Fundamento:**

Una muestra bien mezclada es evaporada en un recipiente pesado y es secado hasta llegar a un peso constante en un horno a una temperatura entre $103 - 105^\circ\text{C}$. El incremento del peso sobre el recipiente vacío representa los sólidos totales.

Procedimiento:

- Calentar las capsulas de porcelana entre 103-105°C por una hora. (Las capsulas deben estar Identificadas).
 - Guardar y enfriar las capsulas de porcelana en el desecador.
 - Pesar inmediatamente antes de utilizarlos.
 - Anotar el peso.
 - Transferir a las capsulas de porcelana un volumen de muestra bien mezclada que produzca un residuo entre 10 y 200 mg.
 - Evaporar hasta sequedad en un baño de vapor o en horno secador.
 - Secar la muestra evaporada por lo menos 1 hora en un horno a 103 - 105°C.
 - Enfriar las capsulas de porcelana en el desecador para balancear la temperatura
 - Pesar y registrar los pesos.
- Repita el ciclo de pesado enfriado, desecado y pesado hasta que un peso constante sea obtenido o hasta que la variación del peso sea menor que el 4 % del peso anterior o 0.5 mg, ambas son menores.

Cálculo:

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

Donde:

A: peso del residuo seco más recipiente en mg

B: peso del recipiente en mg.

4.9 Parámetro: Bacteriológico.

4.9.1 Coliformes Totales y Coliformes fecales

(Reactivos, Materiales y equipo anexo 3 y 4)

Método de Análisis Fermentación de Tubos Múltiples NMP ⁽¹⁾

Fundamento:

El método se basa en la inoculación de alícuotas de la muestra, diluida o sin diluir, en una serie de tubos de un medio de cultivo líquido conteniendo lactosa. Los tubos se examinan a las 24 y 48 horas de incubación a 35 o 37°C. Cada uno de los que muestran turbidez con producción de gas se resiembraba en un medio confirmativo más selectivo y, cuando se busca *E. coli* presuntiva, en un medio en el que se pueda demostrar la producción de ella.

4.9.1.1 Procedimiento para Coliformes Totales ⁽¹⁾

Prueba presuntiva:

- Agitar fuertemente la mezcla por lo menos 25 veces
- Utilizar 15 tubos los cuales están distribuidos por series de la siguiente manera:
 - Preparar 5 tubos conteniendo 10 mL de caldo Lauril Triptosa de concentración doble.
 - Preparar 10 tubos con 10 mL de caldo Lauril Triptosa de concentración simple.
- Colocarlos en una gradilla y numerar los tubos por fila.

- Inocular 10mL del agua a analizar en los 5 tubos con caldo Lauril Triptosa de concentración doble
- Adicionar 1 mL de agua a analizar en los cinco tubos con caldo Lauril Triptosa de concentración simple
- Adicionar 0.1 mL de agua a analizar en los otros cinco tubos con caldo Lauril Triptosa de concentración simple.
- Agitar cada uno de los tubos.
- Incubar los tubos por 48 horas a 35°C, haciendo lectura de la presencia de gas a las 24 y 48 horas.
- La aparición de gas en los tubos constituye una presunta reacción positiva.

Prueba confirmativa:

- Mezclar bien el contenido de los tubos positivos de la prueba presuntiva ya sea por agitación suave o por rotación.
- Con un asa estéril pasar una asa completa de cultivo de cada tubo positivo a los tubos de fermentación que contienen Caldo Bilis Verde Brillante (CBVB)
- Incubar los tubos por 24 horas a 35°C,
- Todos los tubos en el que haya presencia de gas son indicadores del grupo de Coliformes.

4.9.1.2 Prueba para Coliformes fecales ⁽¹⁾

- Mezclar bien el contenido de los tubos positivos de la prueba confirmativa ya sea por agitación suave o por rotación.
- Con el asa metálica pasar de cada uno de éstos a los tubos con el medio EC
- Incubar a 44.5 ° C durante 24 horas
- Observar los tubos sembrados, los tubos que haya presencia de gas son Indicadores del grupo de Coliformes fecales (intestino de animales de sangre caliente).

El reporte se hace en términos del número más probable (NMP), utilizando la Tabla N° 38 del Índice de NMP (Anexo 5).

CAPITULO V
RESULTADOS.

5.0 RESULTADOS.

En la presentación y discusión de los resultados físico-químicos se mencionan límites permisibles para cada parámetro con el fin de tener un Valor Guía para poder comparar los resultados obtenidos, en su mayoría fueron tomados de los Criterios Ecológicos, debido a que la herramienta de Evaluación de Calidad de Agua (ICA) no establece límites sino que brinda una Calificación a través de la cual clasifica la calidad del agua (Anexo 1, Tabla N° 33).

Y para evaluar la aptitud de uso para actividad recreativa, se compararon los resultados con la Norma de la OMS para Aguas Recreativas, la cual si especifica límites permisibles para los parámetros de oxígeno disuelto, turbidez y Coliformes fecales.

Para la interpretación del análisis bacteriológico se hizo de la siguiente manera:

Por tratarse de aguas no potables, se aplicó la técnica de 15 tubos y se efectuaron las diluciones necesarias para su siembra (NMP/100 mL).

La tabla para la lectura de las combinaciones de tubos positivos se encuentra en el Anexo 5 de este documento y que en la APHA corresponde a la tabla 9221.IV

Por ejemplo para la muestra tomada en el primer muestreo en el Punto N° 3 Ostua la combinación de tubos positivos fue 5-3-1 para una dilución 1:100. Para esta combinación la lectura de la tabla es 110, al multiplicar este dato por la dilución trabajada da un valor de 11,000 NMP/100 ml.

La presentación y discusión de los resultados se encuentra en el siguiente orden:

Resultados de los Parámetros Físico-Químicos

Resultado de Parámetros Bacteriológicos

Evaluación de Aptitud de Uso Para Desarrollo de Vida Acuática

Evaluación de Aptitud de Uso para Actividad Recreativa.

5.1 RESULTADOS DE LOS PARAMETROS FISICO-QUIMICOS.

TABLA N° 5.RESULTADOS DE pH.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	Unidades de pH
1	7.94	7.440	7.510	8.68	8.56	Unidades de pH
2	8.44	7.96	8.02	8.51	8.57	Unidades de pH
3	8.34	8.7	8.54	8.55	8.28	Unidades de pH

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue.

El pH presenta una tendencia alcalina con valores que oscilan entre 7.44 y 8.7, el pH mas alto y mas bajo es el Punto N° 2 Angue (8.7 dentro del lago y 7.4 dentro del río).

El rango de pH que brinda protección a la vida acuática debe ser de 6.0 a 9.0, por lo que, los valores de pH obtenidos se encuentran dentro de este.

TABLA N° 6.RESULTADOS DE DBO₅

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	1	1	1	2	3	mg/L
2	1	2	1	1	2	mg/L
3	2	3	5	3	3	mg/L

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue

La DBO₅, en los puntos de muestreo presenta una variación de 1 a 5 mg/L, presentando el valor más alto el Punto N° 3 Ostua de 5 mg/L en el tercer muestreo y valores menores se mantienen durante el primer y segundo muestreo en todos los puntos.

El límite para DBO₅ no debe ser mayor a 6 mg/L y los resultados obtenidos en todos los puntos de muestreo son inferiores a este valor, por lo que este parámetro no limita el desarrollo vida acuática.

TABLA N° 7.RESULTADOS DE NITRATOS.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	4.4	4.1	3.6	5	6.05	mg/L
2	5.24	7.05	8.15	6.8	4.85	mg/L
3	5.3	6.35	6.45	4.35	4.35	mg/L

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angüe

Los valores de Nitratos obtenidos oscilan entre 3.6 mg/L y 8.15 mg/L obteniendo el mayor de 8.15mg/L en el segundo muestreo y el menor valor de 3.6mg/L en el primer muestreo en el Punto N° 3 Ostua.

Los valores de nitrato obtenidos durante los tres muestreos, se mantienen dentro del nivel tolerable (no mayor de 30mg/L) para el desarrollo de vida acuática, ya que altos niveles de nitratos pueden potencialmente causar la muerte en peces.

TABLA N° 8. RESULTADOS DE FOSFATOS.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	0.08	0.235	0.54	0.01	0.04	mg/L
2	0.09	0.67	0.79	0.15	0.15	mg/L
3	0.01	0.04	0.04	0.04	0.04	mg/L

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue

La contaminación por Fosfatos en los puntos de recolección de muestras fluctuó entre 0.01mg/L y 0.79mg/L presentando el valor mas alto en el Punto N° 3 Ostua (0.79mg/L en el lago) y el valor mas bajo en los puntos No1 Pitajayo (0.01mg/L) en el tercer muestreo y en el Punto N° 4 Azacualpa (0.01mg/L) en el primer muestreo.

Los valores de fosfatos obtenidos, se encuentra fuera del limite para la protección de la vida acuática que es de 0.02 mg/L.

Si un exceso de fosfato ingresa en el curso de agua, las algas y plantas acuáticas van a crecer demasiado, saturando el curso de agua y estas utilizaran grandes cantidades de oxígeno por lo que podría disminuir la población de peces en el lago.

TABLA N° 9.RESULTADOS DE TURBIDEZ.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	15	60	81	9.5	12	FAU
2	6	422.5	27	3	3	FAU
3	3	10	13	3	3	FAU

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue

La Turbidez en los puntos de muestreo vario de 422.5 FAU y 3 FAU presentando el valor más alto el Punto N° 2 Angue (422.5 FAU) en el segundo muestreo, y los valores mas bajo de 3 FAU lo presentan los Puntos No1 Pitajayo, N° 4 Azacualpa y N° 5 Desagüe durante el segundo y tercer muestreo.

El límite aceptable para este parámetro debe ser menor a 10 FAU, de acuerdo a esto no todos los valores obtenidos cumplen con el límite, lo que pone en peligro el desarrollo de la vida acuática.

Es muy importante mencionar que niveles elevados de turbidez generan un aumento de la temperatura en el agua, ya que las partículas suspendidas absorben el calor de la luz solar. Además, disminuye la fotosíntesis, generando una reducción en la cantidad de oxígeno disuelto.

TABLA Nº 10. RESULTADOS DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	124	173	239	162	154	mg/L
2	135	142	123	137	136	mg/L
3	143	139	139	145	140	mg/L

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angüe

Los resultados del análisis de Sólidos Disueltos Totales fluctuaron de 123 mg/L a 239 mg/L. Presentándose en el Punto Nº 3 Ostua el valor mas alto 239 mg/L en el río y el valor mas bajo 123 mg/L en el lago.

En el lago los Sólidos Disuelto Totales obtenidos durante los tres muestreos son valores tolerables para el desarrollo de vida acuática, el limite deben de ser 500 mg/L.*

Ya que altas concentraciones impiden la penetración de la luz, disminuyen el oxígeno disuelto y limitan el desarrollo de la vida acuática.

TABLA N° 11. RESULTADO DE OXIGENO DISUELTO.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desague	
1	7.69	8.73	7.24	9.39	8	mg/L
2	7.47	6.86	7.96	7.11	6.74	mg/L
3	5.48	7.61	7.33	6.76	1.99	mg/L

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue

El Oxígeno disuelto en las muestra estuvo entre 1.99 mg/L y 9.39 mg/ L en donde el Punto N° 4 Azacualpa resalto con el valor mas alto de 9.39 mg/L en el primer muestreo y el Punto N° 5 Desagüe el valor mas bajo de 1.99 mg/L en el tercer muestreo.

El valor aceptable de oxígeno disuelto no debe ser menor de 4.0 mg/L por que pone en riesgo el desarrollo de vida acuática, el valor obtenido en el tercer muestreo en el Punto N° 5 Desagüe fue de 1.99 mg/L el cual se encuentra por debajo del valor aceptable, el restos de los resultados durante los tres muestreos se mantienen sobre dicho valor, lo que permite el desarrollo de vida acuática.

TABLA Nº 12.RESULTADOS DE TEMPERATURA.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades	
	TEMPERATURA AMBIENTE:29°C						
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe		°C
1	28.1	24.7	28.4	29.2	28.8	°C	
2	27.3	26.5	27.4	28.4	28.1	°C	
3	28.6	29.4	29.0	28.9	27.1	°C	

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angüe

La temperaturas elevadas se encuentran para los Puntos Nº4 Azacualpa en el primer muestreo y para los Puntos Nº 2 Angue y Punto Nº 3 Ostua en el tercer muestreo observando valores de 29.2°C a 29.4°C.

En los otros puntos se mantienen un comportamiento estable entre 27.3 °C y 28.1°C para cada uno de los muestreo realizados.

Estos valores no afectan el desarrollo de vida acuática, la temperatura es una variable muy importante en el medio acuático, pues influye en el metabolismo de las especies porque regula en forma directa la concentración de oxígeno influyendo en la productividad, respiración de los organismos y descomposición de la materia orgánica.

5.2. RESULTADOS DE PARAMETROS BACTERIOLOGICOS.

TABLA Nº 13. RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES.

Número de muestreo	Puntos de Muestreo					Unidades
	Pitajayo	Angue	Ostua	Azacualpa	Desagüe	
1	20	7000	11000	20	40	NMP/ 100 mL
2	2	3000	500	300	13	NMP/ 100 mL
3	130	170	90	170	170	NMP/ 100 mL

Nota: las casillas sombreadas son muestras tomadas en los ríos Ostua y Angue.

De todos los valores obtenidos de Coliformes fecales, cinco de ellos denotan contaminación fecal y se encuentran fuera de los límites para protección de la vida acuática que debe ser de 200 NMP/100mL y para la actividad recreativa menor o igual a 1000 NMP/100mL esto de acuerdo a los Criterios Ecológicos de Calidad de Agua.

5.3 EVALUACION DE APTITUD DE USO PARA DESARROLLO DE VIDA

ACUATICA.

Para calificar la calidad de agua del Lago de Guija, se aplicó el Índice de Calidad de Agua (ICA) (Anexo 1), el cual evalúa la aptitud de la calidad de agua para el desarrollo de vida acuática. Este índice toma en cuenta los siguientes parámetros: porcentaje de saturación de oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, nitratos, fosfatos, incremento de la temperatura, turbidez y sólidos totales disueltos.

El ICA, es un valor ponderado, que adopta para condiciones óptimas un valor máximo determinado de 100 unidades, el cual disminuye con el aumento de la contaminación en el cuerpo de agua, este índice no especifica valores para cada parámetro sino una calificación que se obtiene a través de la sumatoria de los nueve parámetros, el cual está diseñado para evaluar la amenaza que representa el agua para el desarrollo de vida acuática.

Para calcular el valor de cada parámetro se aplicó la siguiente fórmula:

$$ICA_m = \sum_{i=1}^9 (Sub_i^{w_i}).$$

En donde:

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

Sub_i : Valor que se obtiene al extrapolar en la gráfica del parámetro correspondiente, el resultado obtenido en el laboratorio.

Ejemplo:

Para obtener la calificación para pH.

Tenemos:

pH = 7.94 (valor obtenido en el laboratorio)

Subi = 86 (valor interpolado en grafica Anexo 1, figura 4)

$W_i=0.12$ (peso especifico)

Sustituyendo en la ecuación:

$$ICA_m = \sum_{i=1}^n (Subi^{w_i}).$$

$$ICA = (86)^{(0.12)} = 10.320$$

De acuerdo al ejemplo anterior se realiza el cálculo para los demás parámetros y al obtener los valores, estos se incorporan en la Tabla N° 14 y se suman para obtener el valor del ICA en el punto de muestreo evaluado.

TABLA Nº 14.HOJA PARA EL CÁLCULO DEL “ICA” (13)

Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	w _i	Total
1	Coliformes fecales		NMP/100mL		0.15	
2	pH		Unidades de pH		0.12	
3	DBO ₅		mg/L		0.10	
4	Nitratos		mg/L		0.10	
5	Fosfatos		mg/L		0.10	
6	Cambio de Temperatura		°C		0.10	
7	Turbidez		FAU		0.08	
8	Sólidos Disueltos Totales		mg/L		0.08	
9	Oxígeno disuelto		% Saturación		0.17	
Valor de ICA (sumatoria Total)						

TABLA N° 15. VALORES DE LOS PARAMETROS EVALUADOS PARA EL CALCULO DEL ICA (PUNTO N° 1. PITAJAYO).

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	20	2	130
pH	Unidades de pH	7.94	8.44	8.34
DBO ₅	ppm	1	1	2
Nitratos	ppm	4.4	5.24	5.3
Fosfatos	ppm	0.08	0.09	0.01
Cambios de Temperatura	°C	0	0	0
Turbidez	FAU	15	6	3
Sólidos Disueltos totales	ppm	124	135	143
Oxigeno Disuelto	% Saturación	98.46	93.96	71.44

TABLA N° 16. VALOR DE ICA POR MUESTREO

No de Muestreo	ICA	Clasificación	Valor	Interpretación
1	83	Buena	71-90	Permite el desarrollo de vida acuática
2	87			
3	74			

Los valores del ICA para el Punto N° 1 Pitajayo fueron de 74 a 87 presentando el mayor valor el segundo muestreo y el menor valor el tercer muestreo. Esto es debido a que en el tercer muestreo los valores de Oxigeno Disuelto presentan una disminución considerable con respecto a los dos muestreos siguientes aumentando la DBO₅. Aunque la clasificación permite el desarrollo de vida acuática, pero esta clasificación podría cambiar si el nivel de Oxigeno Disuelto se mantiene bajo.

**TABLA N° 17. VALORES DE LOS PARAMETROS EVALUADOS
CALCULO DEL ICA (PUNTO N° 2. ANGUE).**

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	7000	3000	170
pH	Unidades de pH	7.44	7.96	8.7
DBO ₅	ppm	1	2	3
Nitratos	ppm	4.1	7.05	6.35
Fosfatos	ppm	0.235	0.67	0.04
Cambios de Temperatura	°C	0	0	0
Turbidez	FAU	60	422.5	10
Sólidos Disueltos totales	ppm	173	142	139
Oxígeno Disuelto	% Saturación	105.94	84.79	99.23

TABLA N° 18. VALOR DE ICA POR MUESTREO

No de Muestreo	ICA	Clasificación	Valor	Interpretación
1	-----	-----	-----	-----
2	66	Regular	51-70	Limita el desarrollo de vida acuática
3	76	Buena	71-90	Permite el desarrollo de vida acuática

Nota: las casillas vacías no se toma en cuenta, por que son muestras tomadas en el río.

En el Punto N° 2. Angue los valores del ICA obtenidos son de 66 a 76 el valor mas alto lo presenta el tercer muestreo, el parámetro que influye en el valor del ICA de 66 en el segundo muestreo es el de turbidez que presenta un valor de 422.5 FAU que es bastante alto, por lo que la calidad del agua varia de Regular a Buena, el agua de calidad Regular, limita el desarrollo de vida acuática debido a los niveles de contaminación.

TABLA N° 19. VALORES DE LOS PARAMETROS EVALUADOS PARA EL CÁLCULO DEL ICA (PUNTO N° 3 OSTUA).

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	11000	500	90
pH	Unidades de pH	7.51	8.02	8.54
DBO ₅	ppm	1	1	5
Nitratos	ppm	3.6	8.15	6.45
Fosfatos	ppm	0.54	0.79	0.04
Cambios de Temperatura	° C	0	0	0
Turbidez	FAU	81	27	13
Sólidos Disueltos totales	ppm	239	123	139
Oxígeno Disuelto	% Saturación	91.06	101.92	95.56

TABLA N° 20. VALOR DE ICA POR MUESTREO.

No de Muestreo	ICA	Clasificación	Valor	Interpretación
1				
2	72	Buena	71-90	Permite el desarrollo de vida acuática
3	88			

Nota: las casillas vacías el valor no se toma en cuenta, por que son muestras tomadas en el río.

Los valores obtenidos para el Punto N° 3 Ostua, se encuentra entre 72 y 88, La variación en el valor del ICA, se ve influenciado por los Coliformes fecales en el segundo muestreo presentan un valor de 500 NMP/100mL en comparación con el tercer muestreo que fue de 90 NMP/100mL. De acuerdo a la media de los valores obtenidos, la calidad del agua es buena para el desarrollo de vida acuática.

**TABLA N° 21. VALORES DE LOS PARAMETROS EVALUADOS PARA EL CALCULO DEL ICA.
(PUNTO N° AZACUALPA, SITIO TURÍSTICO).**

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	20	300	170
pH	Unidades de pH	8.68	8.51	8.55
DBO ₅	ppm	2	1	3
Nitratos	ppm	5	6.8	4.35
Fosfatos	ppm	0.01	0.15	0.04
Cambios de Temperatura	°C	0	0	0
Turbidez	FAU	9.5	3	3
Sólidos Disueltos totales	ppm	162	137	145
Oxígeno Disuelto	% Saturación	122.42	91.03	88.13

TABLA N° 22. VALOR DE ICA POR MUESTREO

No de Muestreo	ICA	Clasificación	Valor	Interpretación
1	78	Buena	71-90	Permite el desarrollo de vida acuática
2	77			
3	77			

Para el Punto N° 4 .Azacualpa, los valores obtenidos son de 78 para el primer muestreo y 77 para el segundo y tercer muestreo. Por lo que la variación entre un muestreo y otro no es muy significativa ya que los parámetros físico-químicos se mantienen estables y no afectan el cálculo del ICA, aun cuando los Coliformes fecales en el primer muestreo son bajos en comparación con los dos muestreos. Por lo que se obtiene una Calidad de agua Buena por lo que permite el desarrollo de vida acuática.

TABLA N° 23. VALORES DE LOS PARAMETROS EVALUADOS PARA EL CALCULO DEL ICA (PUNTO N° 5. DESAGUE).

Parámetros	Unidades	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Coliformes fecales	NMP / 100 ml	40	13	170
pH	Unidades de pH	8.56	8.57	8.28
DBO ₅	ppm	3	2	3
Nitratos	ppm	6.05	4.85	4.35
Fosfatos	ppm	0.04	0.15	0.04
Cambios de Temperatura	°C	0	0	0
Turbidez	FAU	12	3	3
Sólidos Disueltos totales	ppm	154	136	140
Oxígeno Disuelto	% Saturación	104.3	86.29	1.99

TABLA N° 24. VALOR DE ICA POR MUESTREO.

No de Muestreo	ICA	Clasificación	Valor	Interpretación
1	79	Buena	71-90	Permite el desarrollo de vida acuática
2	82			
3	66	Regular	51-70	Limita el desarrollo de vida acuática

Los valores obtenidos para el Punto N° 5 Desagüe fueron de 66 a 82 presentando el valor más alto el segundo muestreo y el más bajo el tercer muestreo.

El valor mas bajo le corresponde al segundo muestreo. Los niveles de oxigeno encontrados en el Lago se observan en este punto durante el tercer muestreo lo que influye en el valor del ICA correspondiente a este muestreo.

Por lo que la calidad del agua varia de Regular a Buena, en el valor de ICA que presenta una calidad Regular la calidad de agua limita el desarrollo de vida acuática debido a los niveles de Oxigeno disuelto.

TABLA N° 25. VALOR DE ICA PARA MUESTRAS TOMADAS EN RÍOS.

Número de Muestreo	Sitio de Muestreo	ICA	Valor	Clasificación	Interpretación
1	Angue	73	71-90	Buena	Permite el desarrollo de vida acuática
	Ostua	61	51-70	Regular	Limita el desarrollo de vida acuática.

Para el primer muestreo en el Punto N° 2 Angüe y Punto N° 3 Ostua las muestras se recolectaron dentro del río, por el aporte de agua que hacen al Lago de Guija. El menor valor del ICA le corresponde al Punto No3 Ostua, aportando una Calidad de agua al lago de Regular, esto debido a que el valor de Coliformes fecales obtenidos fue extremadamente alto, por los que limita el desarrollo de vida acuática debido al alto grado de contaminación fecal.

TABLA N° 26. VALORES DEL ICA POR MUESTREO EN CADA SITIO

Numero de Muestreo	Puntos de Muestreo.						Valor	Calidad del Agua ICA	Interpretación
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Promedio			
1	83	----	----	78	79	80	71 a 90	Buena	Permite el Desarrollo de Vida acuática
2	87	66	72	77	82	77			
3	74	76	75	77	66	88			

Nota: Las casillas vacías, los valores no se toman en cuenta para el promedio del ICA, por ser muestras tomadas en los ríos y no dentro del lago.

Punto N° 1: Pitajayo, Punto N° 2: Angue Punto, N° 3: Ostua

Punto N° 4: Azacualpa (sitio turístico) y Punto N° 5: Desagüe.

TABLA N° 27. VALORES DEL ICA PARA LAS MUESTRAS TOMADAS EN LOS RIOS.

N° de Muestreo	Puntos de Muestreo			Valor	Clasificación.	Interpretación
1	Angue	Ostua	Promedio	51-70	Regular	Limita el desarrollo de vida acuática.
	73.0	61.0	67.0			

Nota: Estas muestras solo fueron para el primer muestreo en los río

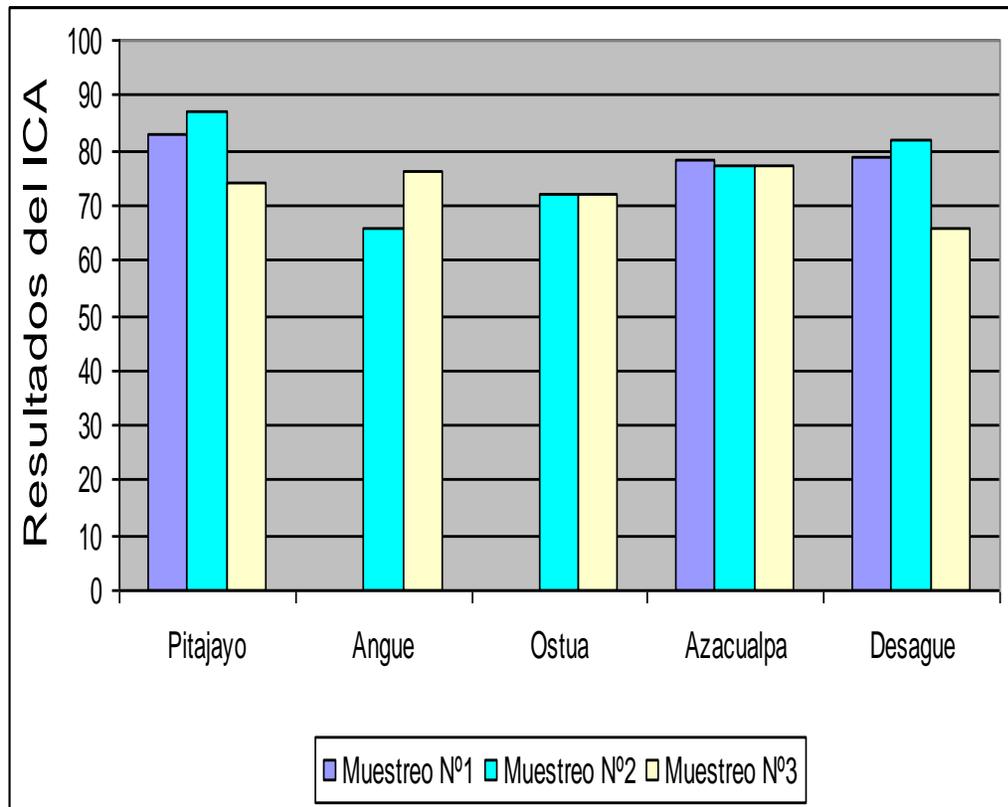


Figura 1. Promedio de los Valores del Índice de Calidad del Agua de las muestras tomada dentro del Lago de Guija.

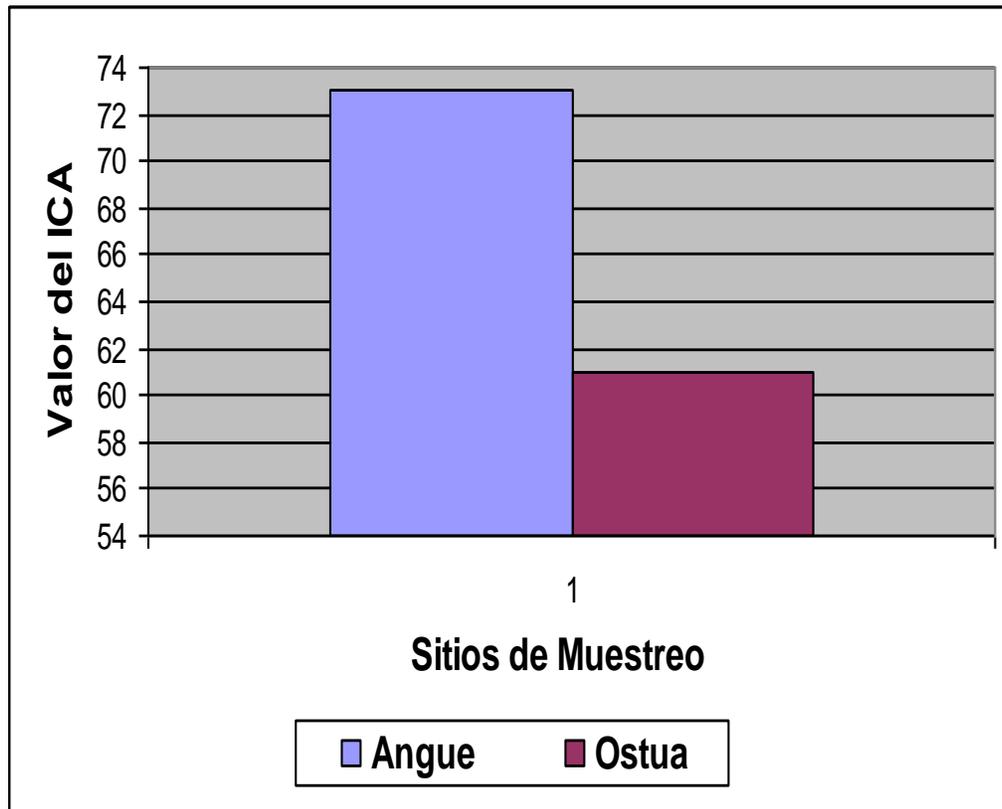


Figura 2. Valores del Índice de Calidad del Agua de las muestras Tomadas en los ríos Angue y Ostua.

5.4 EVALUACION DE APTITUD DE USO PARA ACTIVIDAD RECREATIVA.

**TABLA N° 28. RESULTADOS DE COLIFORMES FECALES
COMPARADOS CON LA NORMA DE LA OMS PARA
CONTACTO HUMANO.**

Sitio de Muestreo	Limite Permissible de Calidad de Agua para Contacto Humano		
	Menor o igual a 1000 NMP/100MI		
	Coliformes fecales NMP/100MI		
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Pitajayo	20 NMP/100mL	2 NMP/100mL	130 NMP/100mL
Angue	-----	3000 NMP/100mL	170 NMP/100mL
Ostua	-----	500 NMP/100mL	90 NMP/100mL
Azacualpa*	20 NMP/100mL*	300 NMP/100MI*	170 NMP/100mL*
Desague	40 NMP/100mL	13 NMP/100mL	170 NMP/100mL

Nota: las casillas vacías los valores no se toman en cuenta por ser muestras tomadas dentro de los ríos. Azacualpa: Sitio turístico.

La presencia de contaminación fecal es un indicador de que existe un potencial riesgo para la salud de los Individuos expuestos a esta agua.

Los valores Coliformes Fecales presentan una fluctuación de 2 a 3,000 NMP/100mL, la diferencia es muy significativa.

Los valores máximos de Coliformes fecales son para los Punto N° 2 Angue 3000 NMP/100mL dicho valor se encuentran fuera de los Limites Permisibles de la Norma de la OMS para Contacto Humano (1000 NMP/100mL), los puntos restantes los valores de Coliformes se encuentran dentro del limite.

**TABLA Nº 29. RESULTADOS DE OXIGENO DISUELTO COMPARADOS
CON LA NORMA DE LA OMS PARA CONTACTO
HUMANO.**

Sitio de Muestreo	Limite Permissible de Calidad de Agua para Contacto Humano		
	Mayor o igual a 7mg/L		
	Oxigeno Disuelto mg/L		
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Pitajayo	7.69 mg/L	7.47 mg/L	5.48 mg/L
Angue	-----	6.86 mg/L	7.61 mg/L
Ostua	-----	7.96 mg/L	7.33 mg/L
Azacualpa*	9.39 mg/L	7.11 mg/L	6.76 mg/L
Desague	8 mg/L	6.74 mg/L	1.99 mg/L

Nota: la casilla vacías los valores no se toma en cuenta, son muestras tomadas en el río. *Azacualpa: Sitio turístico

Los valores de Oxigeno Disuelto oscilan entre 1.99 mg/L a 9.39 mg/L , el menor valor es para el Punto Nº 5 Desagüe 1.99 mg/L para el ultimo muestreo, encontrándose fuera de los Limites Permissible de Calidad de Agua para Contacto Humano (Mayor o igual a 7mg/L). Los otros valores se encuentran por encima del valor mínimo requerido

Si bien el oxígeno disuelto no tendrá un efecto directo sobre los usuarios, el oxígeno disuelto será importante para evitar la formación de cantidades indeseables de sulfuro de hidrógeno, que puede proporcionar mal olor al agua.

TABLA Nº 30. RESULTADOS DE TURBIDEZ COMPARADOS CON LA NORMA DE LA OMS PARA CONTACTO HUMANO

Sitio de Muestreo	Limite Permisible de Calidad de Agua para Contacto Humano		
	Menor o igual a 10 FAU		
	Turbidez FAU		
	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3
Pitajayo	15 FAU	6 FAU	3 FAU
Angue	-----	422.5 FAU	10 FAU
Ostua	-----	27 FAU	13 FAU
Azacualpa*	9.5 FAU	3 FAU	3 FAU
Desague	12 FAU	3 FAU	3 FAU

Nota: la casilla vacías los valores no se toma en cuenta, son muestras tomadas en el río. *Azacualpa: Sitio turístico.

La turbidez es considerada una buena medida de la, cuanto más turbia, menor será su calidad.

Los valores de Turbidez se encuentran entre 422.5 UNT y 3 UNT, el valor que sobrepasa es para el Puntos Nº 2 Angue 422.5 UNT en el segundo muestreo que sobrepasa el Limite Permisible de la Norma de La OMS para Contacto Humano (Menor o igual a 10 UNT), esto se debe a la presencia de sólidos sedimentables partículas que se encuentran en suspensión inducidos por la basura y desechos en el agua.

TABLA Nº 31. RESULTADOS OBTENIDOS COMPARADOS CON LOS LIMITES PERMISIBLE DE CALIDAD DE AGUA PARA CONTACTO HUMANO DE LA OMS

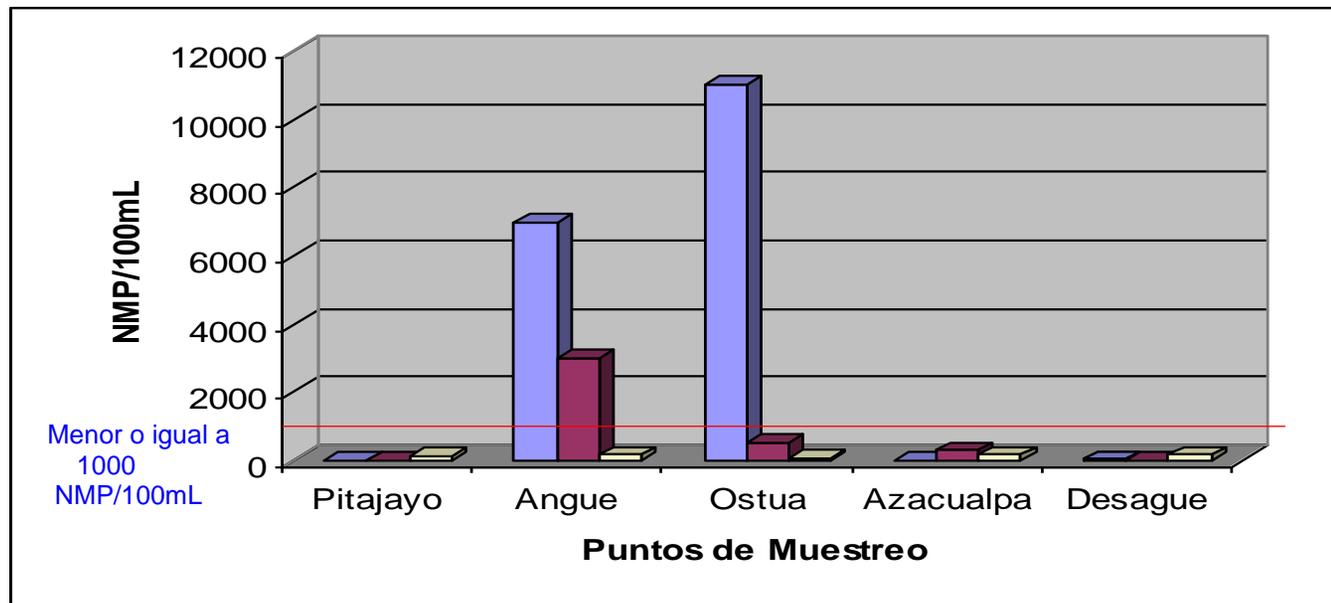
Sitio de Muestreo	Limites Permisibles de Calidad de Agua para contacto Humano*								
	Menor o igual a 1000 NMP/100mL*			Mayor o igual a 7mg/L*			Menor o igual a 10 FAU*		
	Coliformes Fecales.			Oxigeno Disuelto			Turbidez		
	M ₁ NMP/100mL	M ₂ NMP/100mL	M ₃ NMP/100mL	M ₁ mg/L	M ₂ mg/L	M ₃ mg/L	M ₁ FAU	M ₂ FAU	M ₃ FAU
Pitajayo	20	2	130	7.69	7.477	5.487	15	6	3
Angue	7000	3000	170	8.73	6.86	7.61	60	422.5	10
Ostua	11,000	500	90	239	123	139	81	27	13
Azacualpa	20	300	170	9.39	7.11	6.76	9.5	3	3
Desagüe	40	13	170	8	6.74	1.99	12	3	3

M₁ = Muestero 1, M₂ = Muestero 2 y M₃= Muestero 3 .

*OMS, 1996.

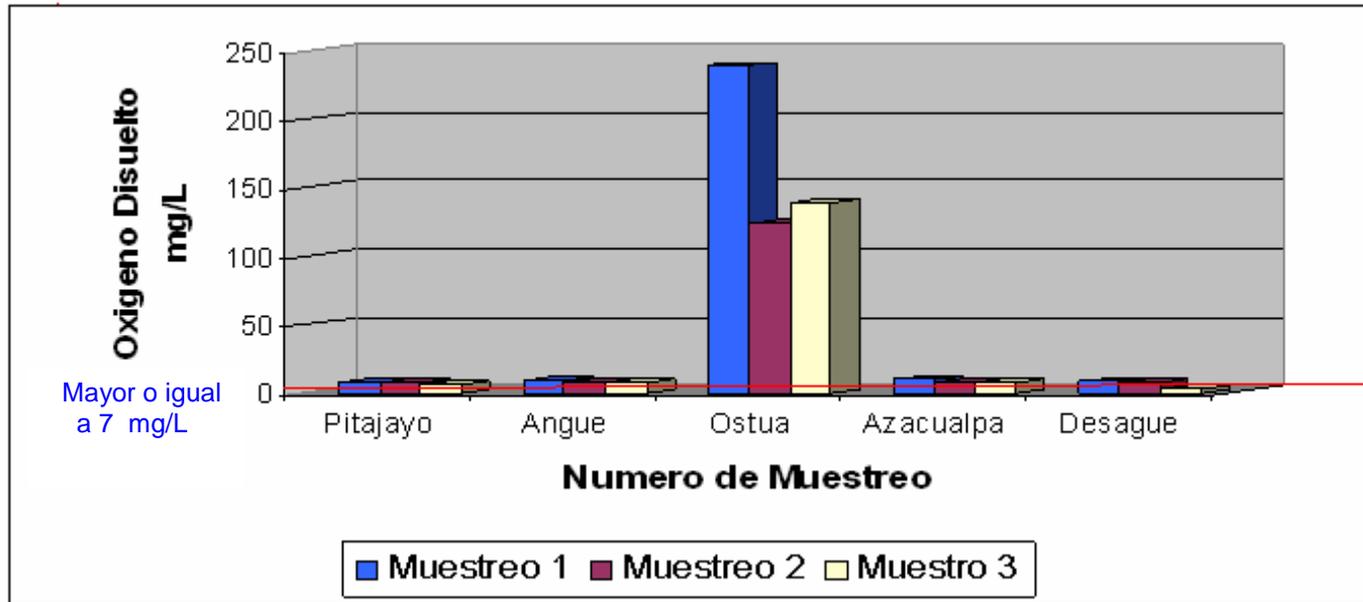
Nota:

-Las casillas sombreadas de color gris son muestras tomadas dentro de los ríos Ostua y Angue.



Limites Permisibles de Calidad de Agua para contacto Humano	
Coliformes fecales	Menor o igual 1000 NMP/100mL

Figura 3. Resultados de Coliformes fecales obtenidos Comparados con Norma para contacto humano, OMS.1996.



Límites Permisibles de Calidad de Agua para contacto Humano	
Oxígeno Disuelto	Mayor o igual a 7 mg/L

Figura 4. Resultados de Oxígeno Disuelto Comparados con la Norma para contacto humano, OMS.1996.

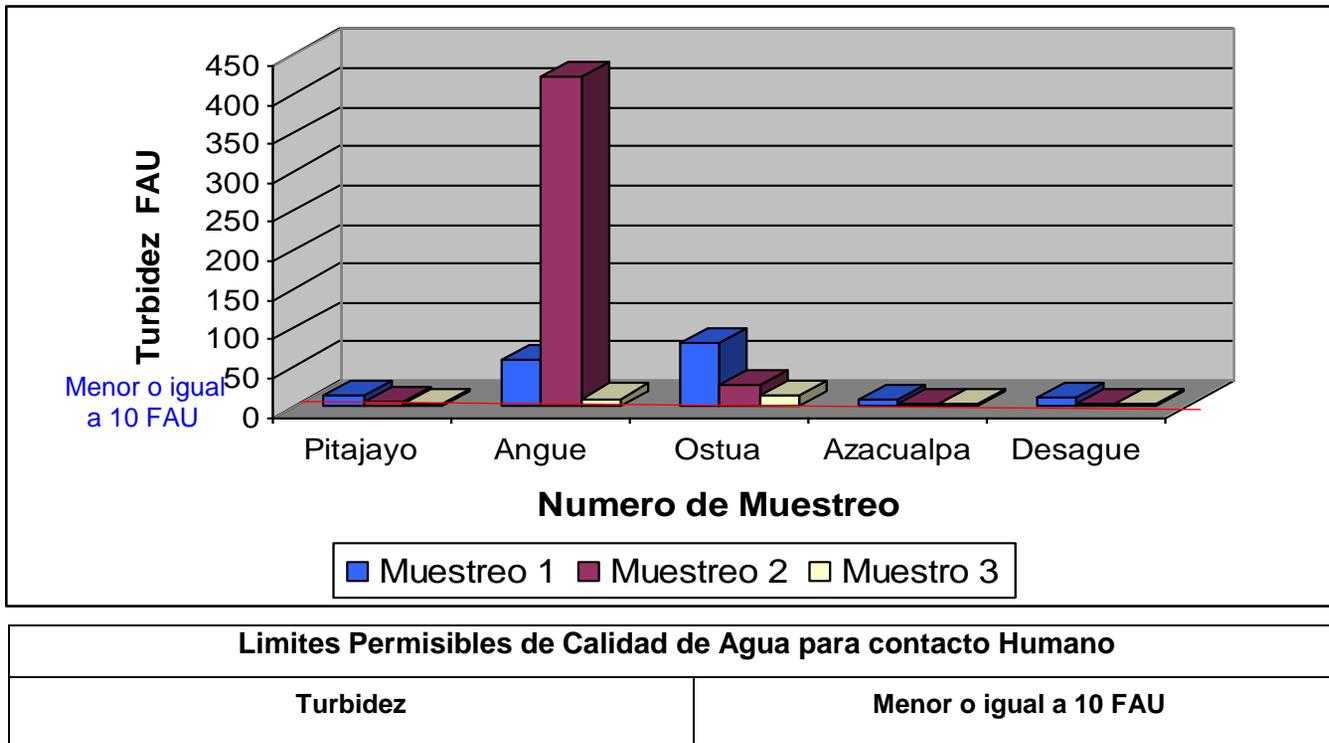


Figura 5. Resultados de Turbidez Comparados con la Norma para contacto humano, OMS.1996.

Límites Permisibles de Calidad de Agua para contacto Humano	
Turbidez	Menor o igual a 10 FAU

5.5 RESULTADOS DE CARGA CONTAMINANTE DE LOS RÍOS ANGUE Y OSTUA.

TABLA N° 32. RESULTADOS DE CARGA CONTAMINANTE POR LOS RIOS OSTUA Y ANGUE.

Numero de muestreo	Río Ostua		
Muestreo No 1	Concentración de Carga Contaminante mg/L		Carga Contaminante kg/día
	DBO ₅	1 mg/L	316.22 Kg/día
	Nitratos	3.6 mg/L	1138.40 Kg/día
	Fosfatos	0.54 mg/L	170.76 Kg/día
	Sólidos Disueltos Totales	2.39 mg/L	755.77 Kg/día
	Coliformes fecales	11,000 NMP/100mL	3.47 x 10 ¹⁵ NMP/día
	Río Angue		
	Concentración de Carga Contaminante mg/L		Carga Contaminante kg/día
	DBO ₅	1 mg/L	584.92Kg/día
	Nitratos	4.1 mg/L	2398.20 Kg/día
	Fosfatos	2.35 mg/L	1374.58 Kg/día
	Sólidos Disueltos Totales	1.73 mg/L	1011.98 Kg/día
	Coliformes fecales	7,000 NMP/100mL	4.09 x 10 ¹⁵ NMP/día

De acuerdo a los resultados obtenidos la mayor carga contaminante aportado por los ríos al lago de Guija es debido principalmente por los Coliformes fecales, manteniendo valores elevados de carga contaminante de

3.47×10^{15} NMP/día y 4.09×10^{15} NMP/día para los ríos Ostua y Angue respectivamente. Es de considerar los valores de Sólidos disueltos totales que se mantiene alto durante las dos muestras tomadas, debido probablemente a desechos orgánicos e inorgánicos arrastrados por las lluvias.

La carga contaminante por nitratos, fosfatos son valores muy considerables, que podrían limitar el desarrollo de vida acuática.

VI. CONCLUSIONES

6.0 CONCLUSIONES

De los resultados obtenidos en el estudio efectuado en el lago de Güija podemos decir:

1. De acuerdo a los resultados del ICA, el punto de muestreo menos contaminado es el N° 1 “El Pitajayo” y según la clasificación la Calidad del agua es “Buena” por lo que permite el desarrollo de vida acuática, esto debido a que se encuentra alejado de la población y de otros factores que podrían alterar la calidad.
2. Al evaluar los resultados del ICA en muestras tomadas en los ríos Angue y Ostua en el primer muestreo, la calidad del agua que aportan al Lago de acuerdo a la clasificación es “Regular”, indicando que limita el desarrollo de vida acuática en los ríos.
3. Por los resultados obtenidos del ICA, en el Desagüe la calidad de sus aguas varia de “Regular” a “Buena”, es el sitio que presento el valor de Oxigeno Disuelto mas bajo y de DBO₅ alto para el tercer muestreo esto debido a la diversidad de desechos domésticos que son lanzados por la población así como también por las aguas negras que son vertidas al lago.

4. En base al Índice de Calidad de Agua ICA, el promedio de los valores obtenidos oscilan entre 77 y 78 por lo que la calidad del agua del lago de Guija es “Buena”, que permite el desarrollo de vida acuática y cumple la aptitud de uso para la pesca.
5. El punto N° 4 Azacualpa de acuerdo a la Norma de la OMS para aguas recreativas, se considera un sitio no apto para el contacto humano o actividad recreativa, por no cumplir con el límite establecido para Oxígeno Disuelto, por lo que representa una amenaza para los turistas.
6. El Lago de Guija en general representa un riesgo para la población que tiene contacto con sus aguas para llevar a cabo la actividad recreativa, por no cumplir con los límites establecidos por la Norma de la OMS para Aguas Recreativas, principalmente por los niveles de Coliformes fecales.
7. Los rangos de carga contaminante entre los ríos Ostua y Angue son diferentes, principalmente en términos de Coliformes fecales, y Sólidos disueltos totales. Siendo el río Angue el que aporta mayor carga contaminante al Lago de Guija, esto influenciado por las emisiones de polvos lanzadas por las cementeras ubicadas cerca de este punto y por falta de los servicios de tren de aseo y aguas negras.

8. Las concentraciones de fosfatos y nitratos obtenidos son suficiente nutrientes para el crecimiento de algas por lo que se considera un lago eutrófico, dando una apariencia azul-verde a las aguas del Lago de Guija.

9. Los resultados del análisis bacteriológico de Coliformes fecales fluctuaron de 2 NMP/100mL a 11,000 NMP/100mL, en donde el Punto N° 3 Ostua, presento la mayor contaminación fecal con un valor de 11, 000 NMP/100mL en la muestra tomada en el río, para el primer muestreo, y el Punto N° 1 Pitajayo la menor contaminación fecal el valor fue de 2 NMP/100mL.

VII. RECOMENDACIONES

7.0 RECOMENDACIONES.

1. Que la Alcaldía de Metapan proporcionen los servicios de aguas negras y de drenaje de aseo a las poblaciones aledañas al Lago debido a que actualmente todos los desechos domésticos son descargados al Lago de Guija, y esto ha provocado la contaminación de este cuerpo de agua.
2. Que el Fondo Ambiental de EL Salvador (FONAES) promueva campañas en escuelas y comunidades de la zona para hacer conciencia en los pobladores sobre el manejo racional del Lago de Guija como fuente para la pesca y como lugar turístico, ya que posee un potencial incalculable en estos rubros, además de poseer atractivos arqueológicos como “El Cerro Las Figuras”.
3. Que el SNET realice investigaciones Físico-químicas y Bacteriológicas en el agua del Lago de Guija utilizando el ICA para comparar los resultados con los obtenidos en este trabajo e implementar medidas para la conservación, preservación y rescate de este recurso hídrico.

4. Que la Unidad de Salud de Metapan en conjunto con la Alcaldía del mismo establezcan monitoreos continuos para evaluar la concentración de nitratos y fosfatos en el agua del lago, esto debido a que hay presencia de corrales para la acuicultura que son propiedad de CENDEPESCA.
5. Para futuras investigaciones se debe utilizar límites establecidos de los parámetros físico-químicos y bacteriológicos que se encuentra en el Decreto N° 51 para comparar los resultados y evaluar las diferentes aptitudes de uso de las aguas del Lago de Guija.
6. Que el ministerio de Medio Ambiente y CENDEPESCA impulsen la creación de una Campaña de Conservación y Ayuda para el Lago de Guija así como se lleva a cabo en los Lagos de Coatepeque e Ilopango llamado “Amigos del Lago”, por la importancia que tiene el Lago de Guija como fuente de pesca y lugar turístico.
7. Iniciar un programa de inspección, a cargo de la Alcaldía Municipal de Metapán en conjunto con Instituciones relacionados con la protección del Medio Ambiente, para verificar la efectividad del tratamiento de los desechos, que podrían ser vertidos por industrias cementeras aledañas al lugar.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA-AWWA-WPCF Métodos Estándar para el Análisis de Agua y Agua de Desechos, de la XVIII Edición 1992.
2. CESTA Amigos de La Tierra, 2005. El Salvador Va a una Crisis de Agua (en línea), San Salvador, El Salvador, Consultado 3 Marzo 2006. Disponible en: <http://www.cesta-foe.org>.
3. Fernández B. y otros, 2000, Conceptos Básicos sobre Educación Ambiental, Volumen 4, Buenos Aires, Argentina, 65p
4. FONAES (Fondo Ambiental de El Salvador), 2002, Impacto Ambiental, Edición N°3, San Salvador, El Salvador, Gobierno de El Salvador, 31p.
5. Guevara, J. y otros, 1985. "El Salvador: Perfil ambiental. Estudio de campo.. El Salvador, San Salvador. USAID. 120. p.
6. Hernández, R. y otros. 1973. "Contribución al conocimiento Limnológico del Lago de Güija". Trabajo de graduación Ing. Agr. El Salvador, Universidad de El Salvador,. 92 p

7. Mc. J. E. 1986 Agua y Salud Humana. Primera edición, México D.F..Editorial LIMUSA S.A. 46 p
8. Ministerio del Interior y Seguridad Publica. 1994. Plan integral para El Desarrollo de las Áreas del Lago de Güija, la Laguna de Metapan y sus Alrededores. Primera edición, San Salvador. El salvador, 28 p.
9. Salazar G. J. y otros. 2005 .Determinación del Grado de Contaminación de las Aguas de la Quebrada “El Níspero” Afluentes del Río San Antonio de Mejicanos. Trabajo de Graduación Lic. En Química y Farmacia. Universidad de El Salvador, 87 p.
10. SICA (Alianza de la Integración Centroamérica), Marzo 2004. Proyecto de Bombeo de Agua con Energía Solar en la Comunidad La Barra (en línea). Metapan, El Salvador, Consultado: 28 de Febrero 2006. Disponible en: <http://www.sica.com>
11. SNET (Servicio de Estudio Territoriales). Diciembre 2005. Balance Hídrico Integrado y Dinámico en El Salvador Componentes Evaluación de Recursos Hídricos (en línea) Primera edición, Consultado 16 mayo de 2006. Disponible. <http://www.snet.gob.sv/Documentos/balancehidrico.pdf>

12. SNET/MAG. 2002. Propuesta de Estrategias de Descontaminación de los ríos Sucio, Suquiapa y Acelhuate (en línea). San Salvador, El Salvador. Consultado el 3 de Mayo. 2006. Disponible en <http://snet.gob.sv/Documentos/balanceHidrico.pdf>.
13. Unión Europea, Mayo 2003. Calidad de Aguas Continentales Superficiales Destinada al Consumo Humano (en línea), Las Rozas, Madrid, copyright Ambientum, Consultado 2 Abr. 2006. Disponible: <http://www.Ambientum.com>.
14. Wikipedia Foundation, Inc, 2005, Turbidez (en línea), consultada 12 de Febrero de 2007, Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/turbidez>.
15. WHO (World Health Organization), 2003. Guidelines For Safe Recreational Water Environment, Volume 1: Coastal and Fresh Waters. Impreso en Malta, por Minimum Graphics, 220p.
16. www.astronomia.com

GLOSARIO. (3)

ALCANTARILLADO: Es el conjunto o sistema de obras, instalaciones y servicios que tienen por objeto la evaluación y disposición final de las aguas residuales. Tal conjunto o sistema comprende las alcantarillas sanitarias con sus pozos de visita, los colectores maestros y de descarga, las plantas de tratamiento, el suelo en el cual se encuentran ubicados las obras, las instalaciones y servicios arriba indicados y las servidumbres necesarias.

ACUICULTURA: Cultivo o cría de peces, crustáceos o plantas en estanques, jaulas u otras formas de confinamiento en agua dulce o salada que permite recolectar directamente el producto.

AGUAS RESIDUALES DOMESTICAS O AGUAS NEGRAS: Es la combinación de los líquidos y residuos, arrastrados por el agua procedente de casas, edificios comerciales, fábricas e instalaciones, resultante del uso humano del agua.

CONTAMINACIÓN: Alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas del agua por medio de bacterias y organismos patógenos o sustancias tóxicas que la hacen impropias para el consumo humano y para los usos domésticos.
Parámetro: características que puede ser sometida a medición.

CUERPO DE AGUA: Masa de agua estática o en movimiento tales como ríos, lagos, lagunas, fuentes, acuíferos, mares, embalses.

DESARROLLO SOSTENIBLE: Es el mejoramiento de la calidad de vida de las presentes generaciones, con desarrollo económico, democracia política, equidad y equilibrio ecológico, sin menoscabo de la calidad de vida de las generaciones venideras.

DESECHOS: Material o energía resultante de la ineficiencia de los procesos y actividades, que no tienen uso directo y es descartado permanentemente.

DESCARGA O VERTIDO: Efluente que proviene de un establecimiento domestico, industrial, comercial, agrícola o de una red de alcantarillado.

EUTROFICO: Lago o pantano con abundancia de nutrientes que favorecen el crecimiento de las algas y otros organismos. El resultado es que cuando mueren van al fondo y en su putrefacción se consume el oxígeno y se generan malos olores y se degrada el agua.

ANEXOS

ANEXO 1

INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA)

ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL (ICA) ⁽⁶⁾

Los índices pueden generarse utilizando ciertos elementos básicos en función de los usos del agua, el “ICA”, define la aptitud del cuerpo de agua respecto a los usos prioritarios que este pueda tener. Estos Índices son llamados de “Usos Específicos”.

El Índice de calidad de agua propuesto por Brown es una versión modificada del “WQI” que fue desarrollada por La Fundación de Sanidad Nacional de EE.UU. (NSF), que en un esfuerzo por idear un sistema para comparar ríos en varios lugares del país, creo y diseño un índice estándar llamado WQI (Water Quality Index) que en español se conoce como: INDICE DE CALIDAD DEL AGUA (ICA).

Este índice es ampliamente utilizado entre todos los índices de calidad de agua existentes siendo diseñado en 1970, y puede ser utilizado para medir los cambios en la calidad del agua en tramos particulares de los diferentes cuerpos de agua, a través del tiempo, comparando la calidad del agua de diferentes tramos de los mismo. Los resultados pueden ser utilizados para determinar si un tramo particular del cuerpo de agua es saludable o no.

Para la determinación del “ICA” interviene 9 parámetros, los cuales son:

- Coliformes Fecales (en NMP/100 mL)
- pH (en unidades de pH)
- Demanda Bioquímica de Oxígeno en 5 días (DBO₅ en mg/ L)
- Nitratos (NO₃ en mg/L)

- Fosfatos (PO_4 en mg/L)
- Cambio de la Temperatura (en °C)
- Turbidez (en FAU)
- Sólidos disueltos totales (en mg/ L)
- Oxígeno disuelto (OD en % saturación)

Para desarrollar el “ICA”, La NSF seleccionaron 142 personas quienes representaron un amplio rango a nivel local, estatal y nacional en los Estados Unidos. El proceso para el desarrollo del Índice de Calidad del agua se llevo acabo en las siguientes etapas:

I. 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. Mediante una serie de cuestionarios, a cada panelista se le pregunto que considerara 35 parámetros de calidad de agua para una posible inclusión en dicho índice. Este número se redujo finalmente a 9 parámetros, los cuales fueron mencionados anteriormente.

II. Asignación de los Pesos Relativos o Peso de importancia del Parámetro (wi) 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. En el caso de asignaciones de Pesos

Relativos se identifican cuatro fases:

- El panel de expertos procede a la generación de las ideas que determinan los Pesos Relativos, escribiéndolas en un papel.
- Recolección de las ideas generadas por los participantes en un gráfico, mediante una discusión en serie.
- Discusión de cada idea recogida por el grupo con el fin de proceder a su clarificación y evaluación.
- 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.

Estos datos se promediaron dando origen a curvas que reflejan el criterio profesional de respuestas en una escala (Subi) de 0-100.

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

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

ESTIMACION DEL INDICE DE CALIDAD DE AGUA GENERAL “ICA”

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

Posteriormente al calculo el índice de calidad de agua de tipo “General” se clasifica la calidad del agua con base a la siguiente tabla:

TABLA Nº 33. CLASIFICACIÓN DEL “ICA” PROPUESTO POR BROWN

Calidad de Agua	Color	Valor
Excelente		91 a 100
Buena		71 a 90
Regular		51 a 70
Mala		26 a 50
Pésima		0 a 25

Fuente: Lobos, José. Evaluación de los Contaminantes del Embalse del Cerrón Grande PAES 2002.

Las aguas con “ICA” mayor que 90 son capaces de poseer una alta diversidad de la vida acuática. Además, el agua también sería conveniente para todas las formas de contacto directo con ella.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Regular” tienen generalmente menos diversidad de organismos acuáticos y han aumentado con frecuencia el crecimiento de las algas.

Las aguas con un “ICA” de categoría “Mala” pueden solamente apoyar una diversidad baja de la vida acuática y están experimentando probablemente problemas con la contaminación.

Las aguas con un “ICA” que caen en categoría “Pésima” pueden solamente poder apoyar un número limitado de las formas acuáticas de la vida, presentan problemas abundantes y normalmente no sería considerado aceptable para las actividades que implican el contacto directo con ella, tal como natación.

Para determinar el valor del “ICA” en un punto deseado es necesario que se tengan las mediciones de los 9 parámetros implicados en el cálculo del Índice los cuales son:

Coliformes Fecales, pH, (DBO₅), Nitratos, Fosfatos, Cambio de la Temperatura, Turbidez, Sólidos disueltos Totales, Oxígeno disuelto.

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:

Ecuación N^o1

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

Donde:

w_{ii} : Pesos relativos asignados a cada parámetro, y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Sub_i : Valor que se obtiene al extrapolar en la grafica del parámetro correspondiente, el resultado obtenido en el laboratorio

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, reflejando con mayor precisión un cambio de calidad. Es por esta razón que la técnica que se aplicará en este estudio es la multiplicativa.

Para determinar el valor del "ICA" es necesario sustituir los datos en la ecuación N° 1 obteniendo los Sub_i de distintas graficas, dicho valor se eleva por sus respectivos w_i de la Tabla N° 34 y se suman los 9 resultados, obteniendo de esta manera el "ICA" y posteriormente cuando se obtiene el valor del ICA para cada punto entonces se interpreta el resultado de acuerdo a la Tabla N° 35

Los pesos de los diversos parámetros son:

TABLA Nº 34. PESOS RELATIVOS PARA CADA PARÁMETRO DEL “ICA”

w	Sub _i	w _i
1	Coliformes Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO ₅	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Sólidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

TABLA Nº 35. INTERPRETACIÓN DE LA VALORACIÓN DEL ICA.

Clasificación	Valor	Interpretación
Excelente	91-100	Permite desarrollo de vida acuática
Buena	71-90	Permite desarrollo de vida acuática
Regular	51-70	Limita el desarrollo de vida acuática
Mala	26-50	Dificulta el desarrollo de vida acuática
Pésima	0-25	No permite el desarrollo de vida acuática

1. Coliformes fecales

Si los Coliformes fecales son mayores de 100,000 colonias/100 mL el Subí o Q es igual a 2. Si el valor de Coliformes fecales es menor de 100,000 colonias/100 mL, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 6 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub_i o Q de Coliformes fecales, se procede a elevarlo al peso w_1 .

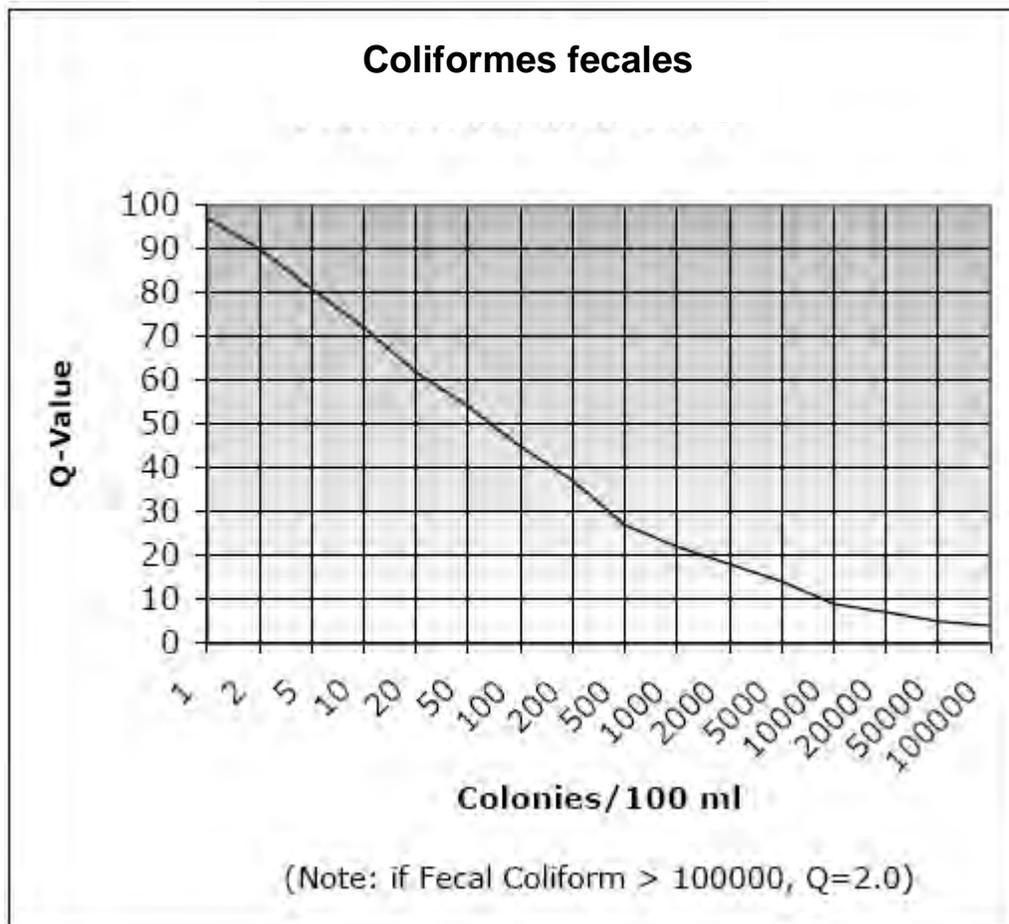


Figura 6. Valoración de la calidad de agua en función de Coliformes fecales

2 .pH

Si el valor de pH es menor o igual a 2 unidades o sí el valor de pH es mayor a 12 unidades el valor de Sub_i o Q será igual a Cero.

Si el valor de pH esta entre 2 y 12 buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 7 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_i) de pH y se procede a elevarlo al peso w_2 .

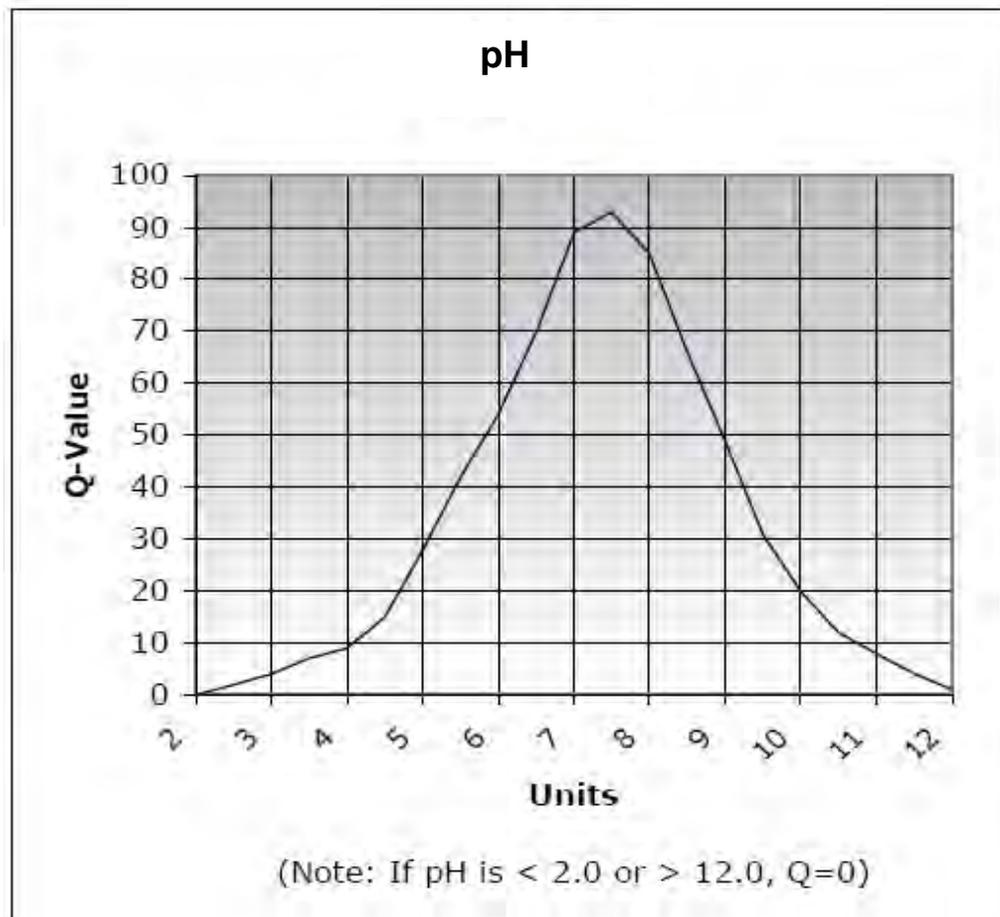


Figura 7. Valoración de la calidad de agua en función del pH

3. Demanda Bioquímica de Oxígeno a los cinco días.

Si la DBO_5 es mayor de 30 mg/L el Sub_i o Q es igual a 2. Si la DBO_5 es menor de 30 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 8 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_i) de DBO_5 y se procede a elevarlo al peso w_3 .

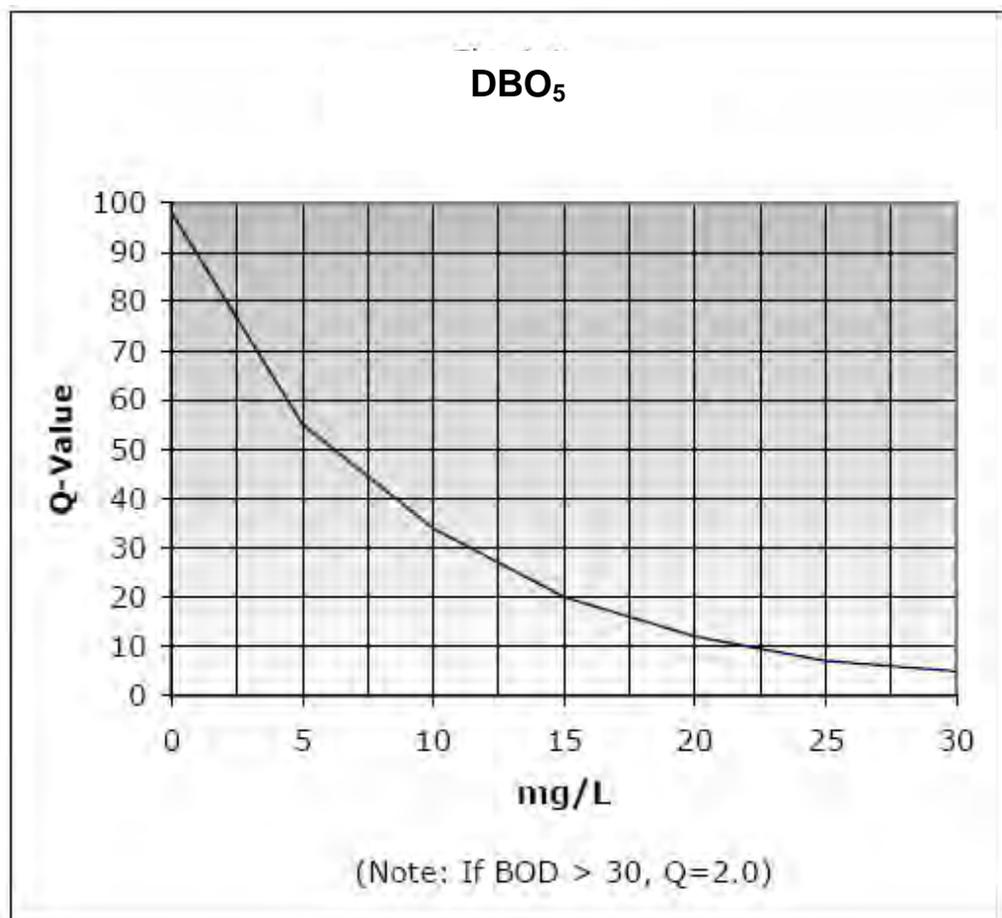


Figura 8. Valoración de la calidad de agua en función de la DBO_5

4. Nitratos.

Si Nitratos es mayor de 100 mg/L el Sub_i o Q es igual a 1. Si Nitratos es menor de 100 mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 9 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_i) de Nitratos y se procede a elevarlo al peso w_4 .

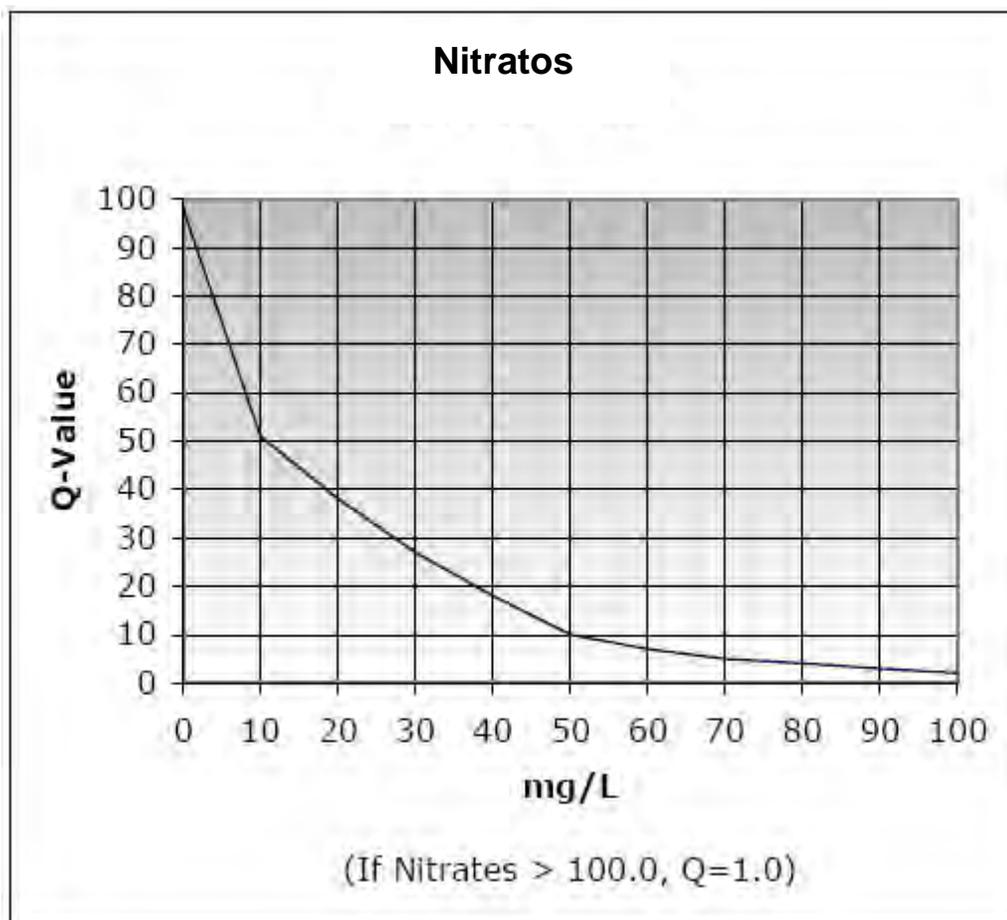


Figura 9 .Valoración de la calidad de agua en función del Nitrógeno

13. Fosfatos.

Si el Fosfatos es mayor de 10 mg/L el Sub_i o Q es igual a 5. Si el Fosfatos es menor de 10mg/L buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 10 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el (Sub_5) y se procede a elevarlo al peso w_5

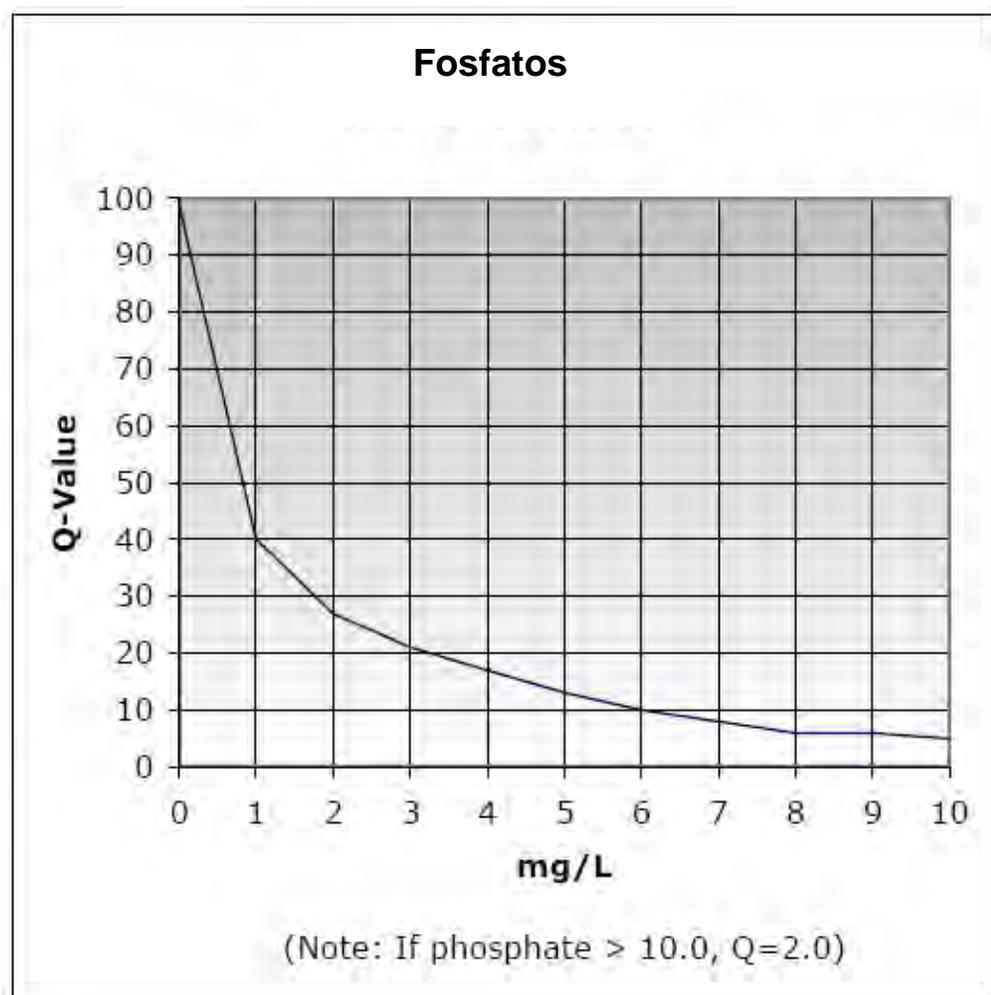


Figura 10. Valoración de la Calidad del Agua en función de fosfatos

14. Temperatura.

El valor encontrado, en la interpolación de la grafica dado por la temperatura de la muestra es el Sub_i de Temperatura y se procede a elevarlo al peso w_6 .

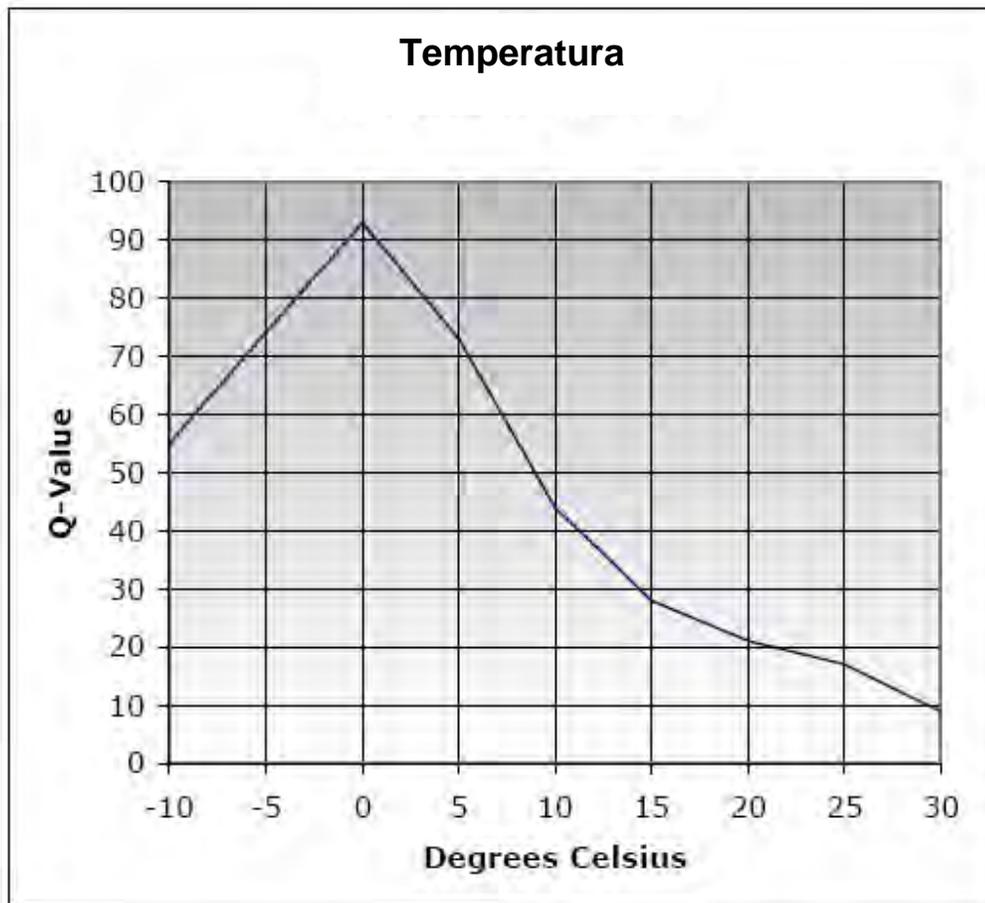


Figura 11. Valoración de la calidad de agua en función de la Temperatura

15. Turbidez

Si la Turbidez es mayor de 100 FAU el Subí o Q es igual a 5. Si la Turbidez es menor de 100 FAU, buscar el valor en el eje de (X) en la se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub_i de Turbidez y se procede a elevarlo al peso w_7 .

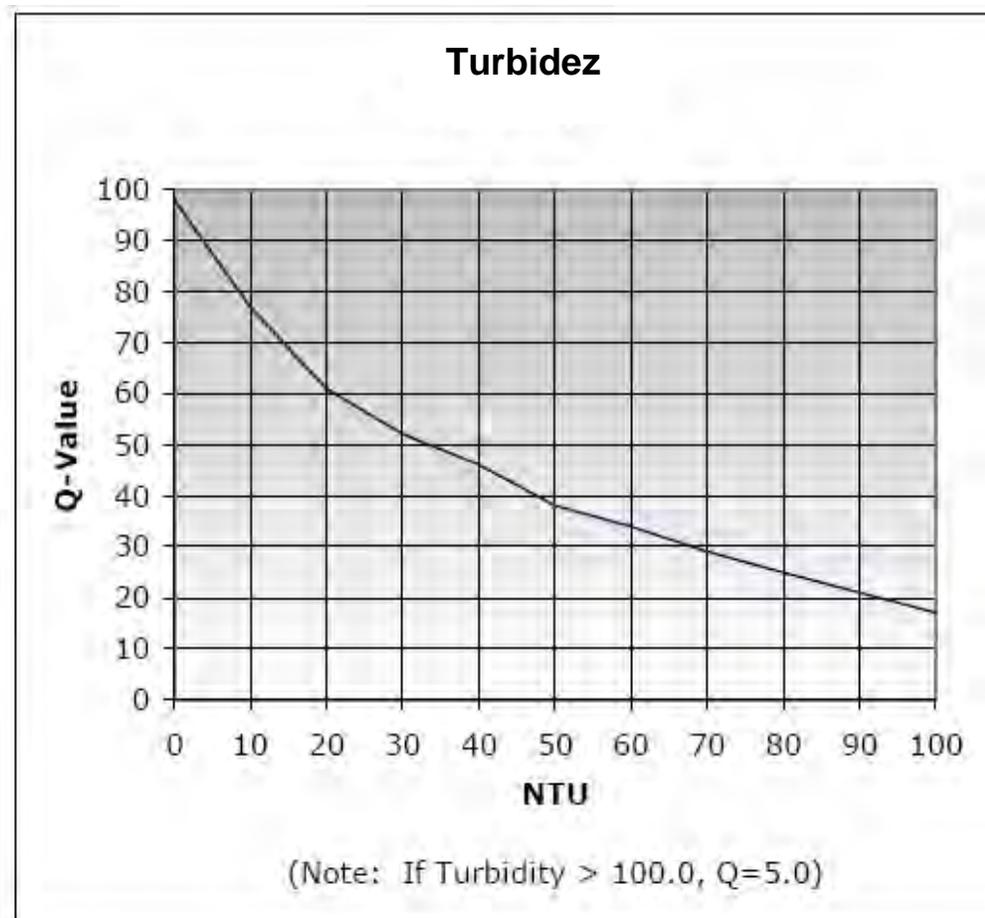


Figura 12. Valoración de la calidad de agua en función de la Turbidez.

8. Sólidos Disueltos Totales.

Si los Sólidos disueltos Totales son mayores de 500 mg/L el Sub_i es igual a 20, si es menor de 500 mg/L, buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 13 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y). El valor encontrado es el Sub_i de Residuo Total y se procede a elevarlo al peso w_8 .

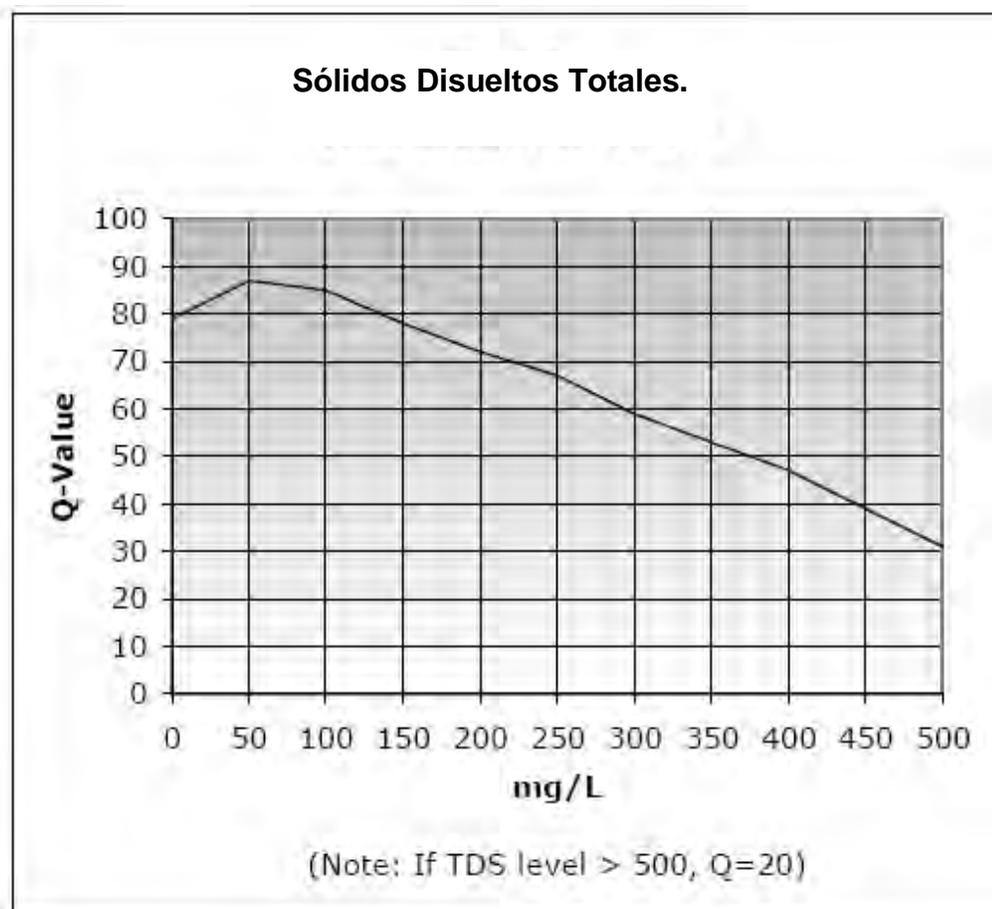


Figura 13. Valoración de la calidad de agua en función de los Sólidos Totales disueltos

16. Oxígeno Disuelto (OD)

Para el parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) primero hay que calcular el porcentaje de saturación del OD en el agua. Para esto hay que identificar el valor de saturación de OD. Según la temperatura del agua (Tabla N° 36).

TABLA N° 36. SOLUBILIDAD DEL OXIGENO EN AGUA DULCE.

Temperatura °C	OD mg/mL	Temperatura °C	OD mg/mL	Temperatura °C	OD mg/mL	Temperatura °C	OD mg/mL
1	14.19	12	10.76	23	8.56	34	7.05
2	13.81	13	10.52	24	8.4	35	6.93
3	13.44	14	10.29	25	8.24	36	6.82
4	13.09	15	10.07	26	8.09	37	6.71
5	12.75	16	9.85	27	7.95	38	6.61
6	12.43	17	9.65	28	7.81	39	6.51
7	12.43	18	9.45	29	7.67	40	6.41
8	11.83	19	9.26	30	7.54	41	6.31
9	11.55	20	9.07	31	7.41	42	6.22
10	11.27	21	8.9	32	7.28	43	6.13
11	11.01	22	8.72	33	7.16	44	6.04

Luego si el % de Saturación de OD es mayor de 140% el Sub_i o Q es igual a 50.

Si el valor obtenido es menor del 140% de Saturación de OD buscar el valor en el eje de (X) en la Figura 19 se procede a interpolar al valor en el eje de las (Y).

El valor encontrado es el Sub_i de Oxígeno Disuelto y se procede a elevarlo al peso w_9 .

Los datos obtenidos se incorporan en la siguiente Tabla 36 para obtener el valor del “ICA” en el punto de muestreo deseado.

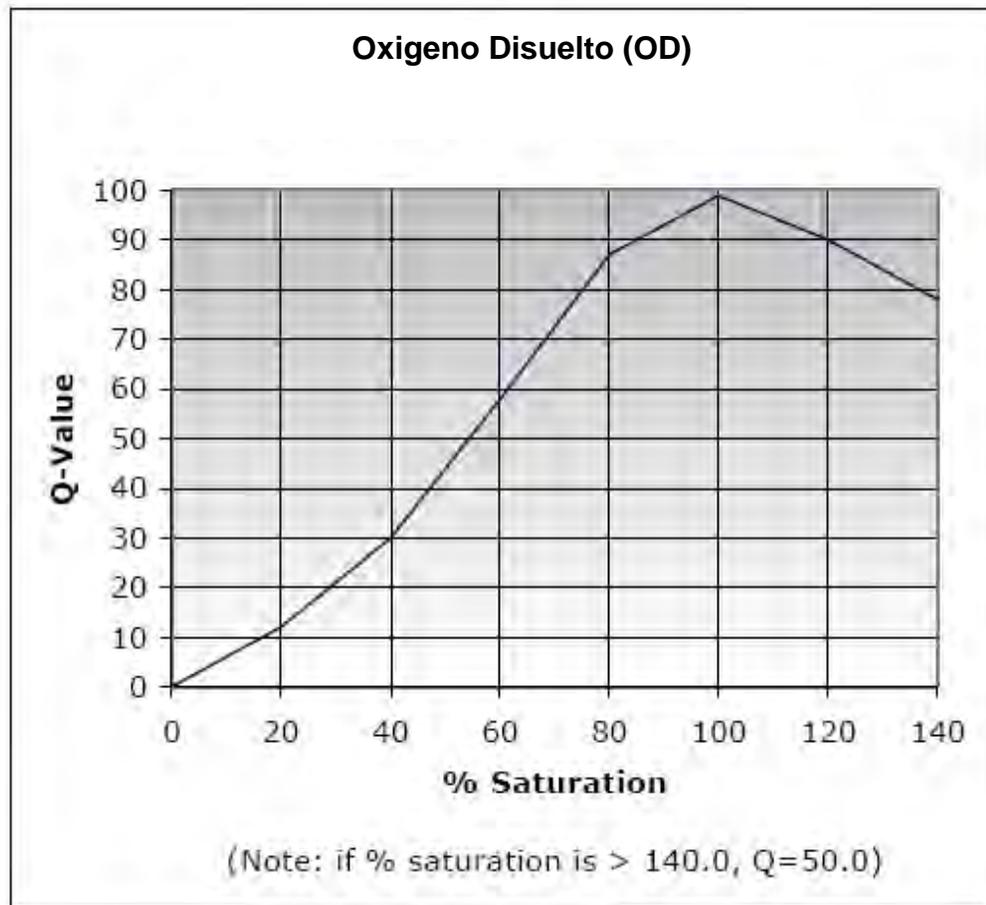


Figura 14. Valoración de la calidad de agua en función del % de Saturación del Oxígeno Disuelto.

TABLA Nº 37. HOJA PARA EL CÁLCULO DEL “ICA”

Parámetros		Valor	Unidades	Sub _i	w _i	Total
1	Coliformes fecales		NMP/100mL		0.15	
2	pH		Unidades de pH		0.12	
3	DBO ₅		mg/L		0.10	
4	Nitratos		mg/L		0.10	
5	Fosfatos		mg/L		0.10	
6	Cambio de Temperatura		°C		0.10	
7	Turbidez		FAU		0.08	
8	Sólidos Disueltos Totales		mg/L		0.08	
9	Oxígeno disuelto		% Saturación		0.17	

ANEXO 2

NORMA DE LA OMS PARA AGUAS RECREATIVAS.

AGUA APTA PARA EL CONTACTO HUMANO. (11)

Las aguas naturales para ser adecuadas al contacto humano debe de presentar ciertas características como baja cantidad de recuentos bacteriológico y alto porcentaje de saturación de oxígeno principalmente; por otro lado, es deseable en menor medida la ausencia de aceites y grasas y otros caracteres organolépticos (olor, sabor, etc.).

El presente listado de parámetros servirá para evaluar la calidad de agua superficial y su aptitud de uso para el contacto humano dados por la Norma de la OMS para aguas recreativas.

TABLA Nº 38. LÍMITES PERMISIBLES DE CALIDAD DE AGUA PARA CONTACTO HUMANO*.

PARAMETROS*	RANGO DE VALOR*
Coliformes fecales	Menor o igual a 1000 NMP por 100mL
Oxigeno Disueltos	Mayor o igual a 7 mg/L
Turbidez	Menor o igual a 10 FAU

OMS, 1996.

Nota: para el parámetro de turbidez la norma reporta en unidades Nefelométricas (UNT) pero para uniformizar unidades con el ICA se aplica las unidades de atenuación de formazida (FAU) estas unidades son equivalentes, pero la metodología de análisis es diferente.

ANEXO 3.

LISTADO DE REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPO

Los reactivos, material y equipo ha utilizar en todos los análisis de laboratorio:

3.1 REACTIVOS:

- Solución de Nitrato de plata 0.0141 N.
- Solución de Cloruro Férrico
- Solución de Cloruro de calcio
- Solución de Cromato de potasio
- Solución de Sulfato manganeso.
- Ácido Sulfúrico concentrado 1N.
- Solución de Almidón.
- Solución de Tiosulfato de Sodio 0.025 N.
- Solución Buffer pH:7.0
- Solución Buffer pH:4.0
- Almohadilla de reactivo en polvo PhosVer3 para Fosfatos.
- Estabilizador mineral.
- Alcohol Polivínico.
- Reactivo de Nessler.
- reactivo NitriVer3 para Nitritos.
- Almohadilla de Reactivo NitraVer6 para Nitratos.
- Medio de Cultivo EC.
- Medio EMB
- Caldo bilis verde brillante.
- Medio de Cultivo Caldo Lactosado.
- Ácido Bórico.

3.2 MATERIAL Y EQUIPO:

- Erlenmeyer de 125 mL.
- Erlenmeyer de 250 mL.
- Probetas graduadas de 1000 mL y 2000mL.
- Beakers de vidrio de 100 mL, 250mL.
- Pipetas volumétricas de 1mL, 2mL, 3mL, 10 mL, 25mL.
- Bureta Volumétrica de 10mL.
- Soporte para bureta completa.
- Bureta de vidrio Analítica.
- Embudos de vidrio cuello corto.
- Crisoles de Porcelana, 90 mm de diámetro.
- Celdas de vidrio.
- Frascos para D.B.O.
- Termómetro de mercurio.
- Potenciómetro.
- Estufa.
- Probetas graduadas de 10 mL.
- Probetas graduadas de 50 mL.
- Celda de 25 mL. Para HACH DR/2010.
- Frasco LAVADOR de plástico.
- Agitador magnético.
- Tubos con tapón de rosca
- Tubos de Fermentación para el análisis microbiológico.
- Asa Metálica.

- Gradilla.
- Campanas Durhans.
- Estufa.
- Desecador.
- Balanza analítica y granataria.
- Espectrofotómetro UV-VIS
- Reactor de COD.
- Oxímetro.
- Incubadora.
- Termómetro.
- Disco secchi.
- Autoclave 121 lbs.

ANEXO 4

PREPARACION DE REACTIVOS

PATRÓN ESTÁNDAR DE CLOROPLATINATO DE COBALTO.⁽¹⁾

Disolver 1.246 g de Cloroplatinato de potasio K_2PtCl_6 (equivalente a 500 mg de Platino metálico) y 1.000 g de Cloruro de Cobalto cristalizado, $CoCl_2 \cdot 6H_2O$ (equivalente aproximadamente a 250 mg de Cobalto metálico) en agua destilada con 100 mL de Acido Clorhídrico concentrado y diluir a 1000 mL con agua destilada. Este patrón tiene 500 Unidades Platino Cobalto.

SOLUCIÓN INDICADORA DE CROMATO DE POTASIO ⁽¹⁾

Disolver 50 g de Cromato de Potasio (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, filtrar y diluir a 1 litro con agua destilada.

SOLUCIÓN TITULANTE DE NITRATO DE PLATA ($AgNO_3$), 0.0141M (0.0141N) ⁽¹⁾

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

SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE $NaCl$ 0.0141M (0.0141N). ⁽¹⁾

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

SUSPENSIÓN DE $Al(OH)_3$. ⁽¹⁾

Disolver 125 g de sulfato de potasio y aluminio ($AlK(SO_4) \cdot 12H_2O$) o sulfato de amonio y aluminio ($AlNH_4(SO_4) \cdot 12H_2O$), en un litro de agua destilada 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.

ACIDO SULFÚRICO 1N. ⁽¹⁾

Agregar lentamente y con agitación 28.00 mL de H₂SO₄ concentrado y adicionar a 500 mL de agua destilada en un balón volumétrico de un litro, y diluir con agua y aforar.

SOLUCIÓN SULFATO MANGANOSO TETRAHIDRATADO. ⁽¹⁾

Disolver 480 g de MnSO₄ · 4 H₂O ó 400 g de MnSO₄ · 2 H₂O ó 364 g MnSO₄ · H₂O en agua destilada, filtrar y diluir a 1 litro.

La solución de sulfato manganoso no deberá dar color con el almidón cuando es adicionado a una solución acidificada de KI.

SOLUCIÓN DE ALMIDÓN ⁽¹⁾

Disolver 2 g de almidón soluble (calidad analítica) y 0.2 g de ácido salicílico como preservante en 100 mL de agua destilada caliente.

SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE Na₂S₂O₃ · 5 H₂O 0.025 M ⁽¹⁾

Disolver 6.205 g de Na₂S₂O₃ · 5 H₂O en agua destilada. Añadir 1.5 mL de NaOH 6 N ó 0.4 g NaOH sólido y diluir a 1 litro. Estandarizar con solución de biyodato.

SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE BIYODATO DE POTASIO 0.0021 M



Disolver 812.4 mg $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ en agua destilada y diluir a 1000 mililitros.

Para la estandarización:

Disolver aproximadamente 2 g de biyodato libre de yodato en un frasco erlenmeyer con 100 a 150 mL de agua destilada, añadir 1 mL de H_2SO_4 6 N ó unas pocas gotas de H_2SO_4 concentrado y 20 mL de solución estándar de biyodato. Diluir a 200 mL y titular el yodo liberado con la solución estándar de tiosulfato, añadiendo almidón cerca del punto final de la titulación cuando un color amarillo pálido es alcanzado. Cuando las soluciones son de igual fuerza, 20 mL de tiosulfato de sodio 0.025 M deberían de ser requeridos. Si no es así ajustar la solución de tiosulfato a la concentración a 0.025 M.

SOLUCIÓN BUFFER DE FOSFATOS. ⁽¹⁾

Disolver 8.5 g de KH_2PO_4 , 21.75g de K_2HPO_4 , 33.4 g de $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 1.7 g de NH_4Cl en aproximadamente 500 mL de agua y diluir a 1L. El pH debe ser de 7.2 sin ajustar. Descartar el reactivo (o cualquiera de los siguientes reactivos) si existe alguna señal de crecimiento biológico en la solución de reserva.

SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO. ⁽¹⁾

Disolver 27.5 g de CaCl_2 en agua destilada y diluir a 1 L.

SOLUCIÓN DE CLORURO FÉRRICO. ⁽¹⁾

Disolver 0.25 g de $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ en agua destilada y aforar a 1L.

SOLUCIÓN ACIDA Y ALCALINA. 1N. ⁽¹⁾

Para neutralización de muestras de desecho alcalinas ó ácidas.

- **Ácido.** Lentamente y mientras se mezcla, agregar 28 mL de Ácido Sulfúrico concentrado en agua destilada. Diluir a 1 litro.
- **Álcali.** Disolver 40 g de Hidróxido de Sodio en agua destilada. Diluir a 1 litro.

CALDO LAURIL SULFATO TRIPTOSA. ⁽¹⁾

1- Para concentración simple:

Composición:

Triptosa 20.0 g

Lactosa 5.0 g

Fosfato dipotásico 2.75 g

Fosfato monopotásico 2.75 g

Cloruro de sodio 5.0 g

Lauril sulfato de sodio 0.1 g

Agua destilada 1000.0 mL

Preparación:

Disolver los componentes en 1L de agua, calentando si es necesario o el medio de cultivo completo deshidratado, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Ajustar el pH de tal manera que después de la esterilización éste sea de 6,8 ± 0,2 a 25 °C.

Distribuir en volúmenes de 10 ml en tubos con dimensiones de 16 x 160 mm el medio de concentración simple cada tubo debe tener campana de fermentación.

Esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121 ± 1,0 °C.

Se recomienda almacenar el medio una vez preparado.

2- Para concentración doble:

Composición:

Triptosa 30.0 g

Lactosa 7.5 g

Fosfato dipotásico 4.125 g

Fosfato monopotásico 4.125 g

Cloruro de sodio 7.50 g 5,0 g

Lauril sulfato de sodio 0.15 g 0,1 g

Agua destilada 1000.0 mL

Preparación:

Disolver los componentes en 1L de agua, calentando si es necesario o el medio de cultivo completo deshidratado, siguiendo las instrucciones del fabricante.

Ajustar el pH de tal manera que después de la esterilización éste sea de 6,8 \pm 0,2 a 25 °C.

Distribuir en volúmenes de 20 ml en tubos con dimensiones de 20 x 200 mm el medio de concentración doble cada tubo debe tener campana de fermentación.

Esterilizar en autoclave por 15 minutos a 121 \pm 1,0 °C.

Se recomienda almacenar el medio una vez preparado.

CALDO LACTOSA BILIS VERDE BRILLANTE. (1)

Composición:

Peptona 10,0 g

Lactosa 10,0 g

Sales biliares 20,0 g

Verde brillante 0,0133 g

Agua 100 ml

Disolver los componentes o el medio completo deshidratado en agua, calentar si es necesario. Ajustar el pH, de tal manera que después de la esterilización éste sea de 7,2 a 25 °C.

Distribuir el medio en cantidades de 10 ml en tubos de 16 X 160 mm conteniendo campana de fermentación.

Esterilizar en autoclave por 15 minutos a $121 \pm 1,0$ °C.

Las campanas de fermentación no deben contener burbujas de aire después de la esterilización.

MEDIO DE CULTIVO MACCONKEY O EMB (1)

Composición:

Digerido pancreático de gelatina 17,0 g

Digerido pancreático de caseína 1,5 g

Digerido péptico de tejido animal 1,5 g

Lactosa 10,0 g

Mezcla de sales biliares 1,5 g

Cloruro de sodio 5,0 g

Agar 13,5 g

Rojo neutro 0,03 g

Cristal Violeta 0,001 g

Agua 1 000,0 ml

Preparación;

Suspender el medio deshidratado en 1 000 ml de agua, remojar de 10 a 15 minutos y calentar a ebullición agitando continuamente. Hervir durante un minuto, esterilizar en autoclave a 121°C durante 15 minutos. Enfriar a 45-50°C y vaciar en cajas Petri unos 20 ml por placa. Dejar solidificar y luego invertir las cajas para evitar que se deposite un exceso de humedad en la superficie del medio.

Ajustar pH 7,1 \pm 0,2 después de esterilizar.

ANEXO 5

TABLA DEL NÚMERO MÁS PROBABLE

TABLA Nº 39. ÍNDICE DE NMP Y LÍMITES DE ACEPTACIÓN DE 95 POR 100 PARA DISTINTAS COMBINACIONES DE RESULTADOS POSITIVOS ⁽¹⁾

Combinación de positivos	Índice NMP/100 mL	Limite de Confianza 95%	
		Superior	Inferior
0-0-0	< 2	-----	-----
0-0-1	2	1.0	10
0-1-0	2	1.0	10
0-2-0	4	1.0	13
1-0-0	2	1.0	11
1-01	4	1.0	15
1-1-0	4	1.0	15
1-1-1	6	2.0	18
1-2-0	6	2.0	18
2-0-0	4	1.0	17
2-0-1	7	2.0	20
2-1-0	7	2.0	21
2-1-1	9	3.0	24
2-2-0	9	3.0	25
2-3-0	12	5.0	29
3-0-0	8	3.0	24
3-0-1	11	4.0	29
3-1-0	11	4.0	29
3-1-1	14	6.0	35
3-2-0	14	6.0	35
3-2-1	17	7.0	40
4-0-0	13	5.0	38
4-0-1	17	7.0	45
4-1-0	17	7.0	46
4-1-1	21	9.0	55
4-1-2	26	7.0	46
4-2-0	22	9.0	56
4-2-1	26	12	65
4-3-0	27	12	67
4-3-1	33	15	77
4-4-0	34	16	80
5-0-0	23	9.0	86

CONTINUACIÓN TABLA N °39

Combinación de positivos	Índice NMP/100 mL	Limite de Confianza 95%	
		Superior	Inferior
5-0-1	30	10	110
5-0-2	40	20	140
5-1-0	30	10	120
5-1-1	50	20	150
5-1-2	60	30	180
5-2-0	50	20	170
5-2-1	70	30	210
5-2-2	90	40	250
5-3-0	80	30	250
5-3-1	110	40	300
5-3-2	140	60	360
5-3-3	170	80	410
5-4-0	130	50	390
5-4-1	170	70	480
5-4-2	220	100	580
5-4-3	280	120	690
5-4-4	350	160	820
5-5-0	240	100	940
5-5-1	300	100	1,300
5-5-2	500	200	2,000
5-5-3	900	300	2,900
5-5-4	1,600	600	5,300
5-5-5	≥1600	-----	-----

ANEXO 6

PROGRAMA PARA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.

DETERMINACION COLORIMETRICA

**TABLA N° 40. PROGRAMA PARA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO.
DETERMINACION COLORIMETRICA.**

Presionar	Rango de trabajo	La pantalla mostrará
430 ENTER	Bajo rango, 0 a 150 ppm	Colocar 420 nm
435 ENTER	Rangos altos, 0 a 1,500 ppm 0 a 15,000 ppm	Colocar 620 nm

ANEXO 7
EQUIPO DE CAMPO



Figura 15. Sonda multiparámetro Troll 9500



Figura 16. Botella de Profundidad



Figura 17. Disco Secchi

ANEXO 8
MAPA DE LAGO DE GUIJA.
PUNTOS DE MUESTREO.

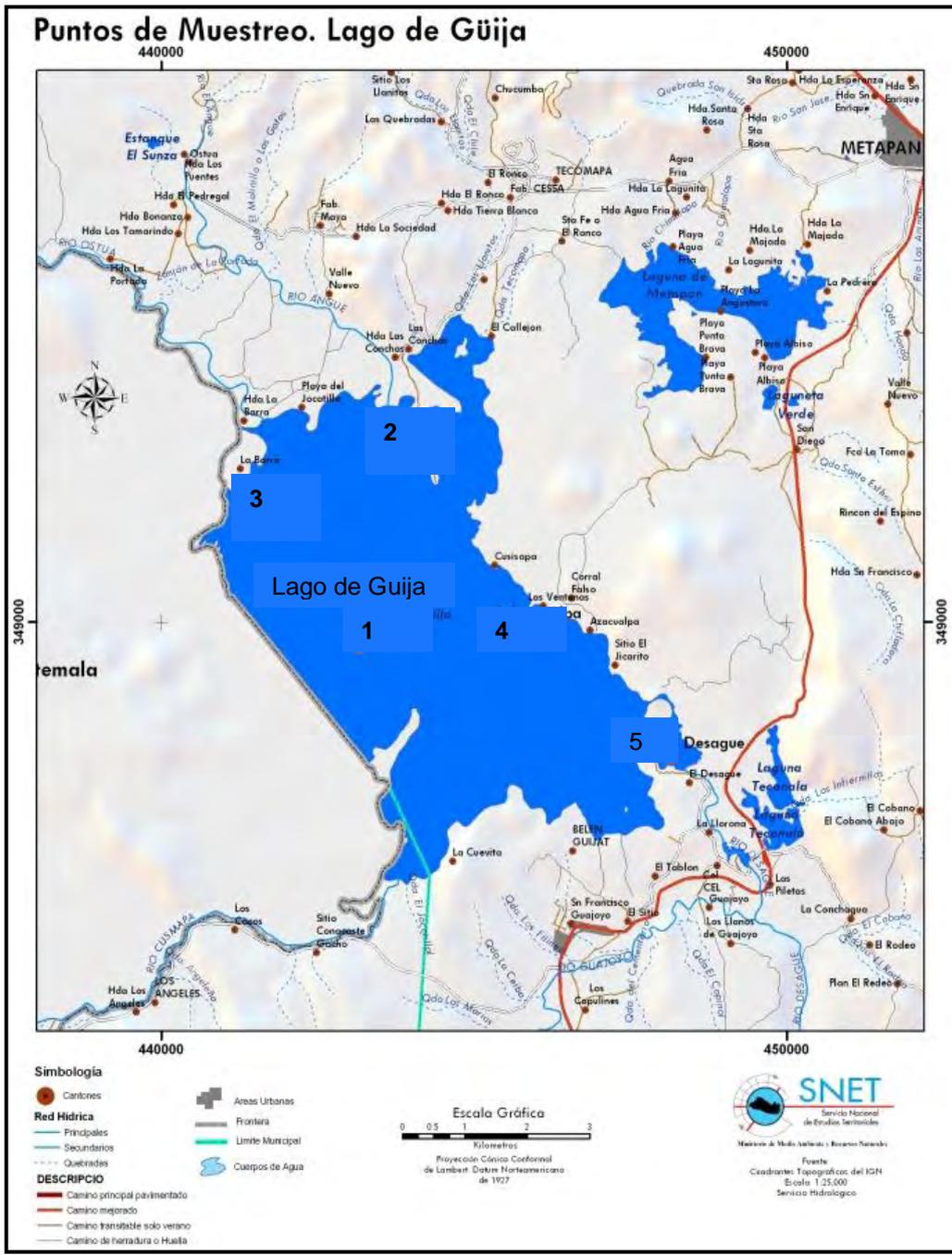


Figura 18. Puntos de muestreo (1= Pitajayo, 2 = Angue, 3 = Ostua, 4 = Azacualpa, 5 = Desagüe) Mapa de Lago de Güija y área circundante departamento de Santa Ana.