

# UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

## FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



DETERMINACIÓN DEL GRADO DE CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS DE LA QUEBRADA "EL NÍSPERO" AFLUENTE DEL RÍO SAN ANTONIO DEL MUNICIPIO DE MEJICANOS.

TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR:  
JOSUÉ REYNALDO SALAZAR GARCÍA  
IDALIA PATRICIA SANTOS ASCENCIO

PARA OPTAR AL GRADO DE:  
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA.

16 DE FEBRERO  
DICIEMBRE 2005.

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA.



**©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 DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

Lic. Maria Concepción Odette Rauda Acevedo.

**ASESORA DE CALIDAD AMBIENTAL, GESTIÓN AMBIENTAL**

Lic. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez.

**ASESORA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS**

**FARMACÉUTICOS HUMANOS Y VETERINARIOS:**

MSc. Rocio Ruano de Sandoval.

**DOCENTES DIRECTORES.**

Lic. Douglas Ernesto García Sarmiento.

Lic. Ena Edith Herrera Salazar.

## DEDICATORIA

Le doy gracias a Dios por permitirme obtener este triunfo, su fe, esperanza e iluminación en cada uno de esos momentos tan difíciles.

Gracias a mi abuelita Juanita que siempre confió en mi y estuvo conmigo cuando mas lo necesitaba. La recuerdo con mucho cariño.

A mis padres por su dedicación, tiempo, trabajo por educarme y darme siempre lo que necesitaba especialmente gracias a mi madre por sus consejos y cariño.

A mis tíos y a mis tías por ayudarme siempre, su apoyo y consejos que me daban.

A mi hermano y a amigos que me ayudaron y apoyaron.

A mi compañero de tesis aunque tuvimos muchas diferencias y dificultades en la realización de nuestro trabajo.

IDALIA SANTOS

## **DEDICATORIA**

Le doy gracias a Dios por este triunfo obtenido.

Dedico a mis padres este triunfo, a mi padre de grata recordación a mi madre por su apoyo y ayuda por permitirme conseguir finalizar esta meta que me propuse a terminar.

A mi esposa e hija que me sirven de inspiración y me ayudan a superarme en los momentos más difíciles de mi vida.

A todos aquellos que me ayudaron y apoyaron en los momentos que los necesitaba.

JOSUÉ SALAZAR

## **AGRADECIMIENTOS**

Le agradecemos a todo el personal de los laboratorios ANDA especialmente al del departamento de Aguas Residuales por su ayuda y su valioso aporte en la elaboración de este trabajo de graduación, especialmente a Lic. Douglas García Sarmiento por su apoyo y ayuda incondicional proporcionándonos todo lo necesario para los análisis de este trabajo.

A Lic. Ena Edith Herrera Salazar nuestra Docente Directora del trabajo de graduación por colaborar en la revisión 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 todas sus enseñanzas y seguir siempre con su misión de formar profesionales al servicio de los demás.

A todos aquellos que colaboraron y nos brindaron todo lo necesario para poder culminar este trabajo de graduación a todos ellos gracias.

IDALIA SANTOS

JOSUÉ SALAZAR

	<b>ÍNDICE.</b>	<b>Pg.</b>
RESUMEN		
<b>CAPÍTULO I</b>		
1.0 INTRODUCCIÓN.		xvi
<b>CAPÍTULO II</b>		
2.0 OBJETIVOS		
<b>CAPÍTULO III</b>		
3.0 Marco Teórico.		21
3.1 Aguas Residuales.		21
3.2 Clasificación de las aguas residuales.		23
3.3 Clasificación de contaminantes de las aguas residuales.		24
3.4 Efectos de las aguas residuales.		25
3.5 Efectos de las aguas residuales en el agua natural.		26
3.6 Muestreo de agua y lodo residual.		27
3.7 Parámetros analizados en aguas.		29
3.7.1 Parámetros Físicos.		29
3.7.1.1 Color.		29
3.7.1.2 Turbidez.		29
3.7.1.3 Conductividad eléctrica.		30
3.7.1.4 Temperatura.		30

3.7.2	Parámetros Químicos.	31
3.7.2.1	Sólidos disueltos.	31
3.7.2.2	Sólidos en Suspensión.	31
3.7.2.3	Sólidos Totales.	31
3.7.2.4	pH.	32
3.7.3	Parámetros indicativos de contaminación orgánica y biológica.	32
3.7.3.1	Demanda Biológica de Oxígeno.	32
3.7.3.1.1	Fundamento del método winkler.	35
3.7.3.1.2	Limitaciones e interferencias en el método.	35
3.7.3.1.3	Dilución.	36
3.7.3.1.4	Ajuste del pH.	37
3.7.3.1.5	Mecanismo del Método Winkler.	37
3.7.3.2	Demanda Química de Oxígeno.	39
3.7.3.2.1	Método Titulométrico de DQO.	39
3.7.3.2.1.1	Generalidades	39
3.7.3.2.1.2	Precauciones	41
3.7.3.2.1.3	Interferencias.	42

## **CAPÍTULO IV**

4.0 DISEÑO METODOLÓGICO.	44
4.1 Tipo de Estudio.	44
4.2 Investigación Bibliografica.	44
4.3 Investigación de Campo.	44
4.3.1 Universo y Muestra.	45
4.3.2 Recolección de Muestras.	46
4.4 Determinación de la Demanda Biológica de Oxígeno.	46
4.5 Determinación de la Demanda Química de Oxígeno.	48
4.6 Determinación de Sólidos Sedimentables.	50
4.7 Determinación de Sólidos Suspendedos.	51
4.8 Determinación de Sólidos Totales Disueltos.	51
4.9 Determinación de Sólidos Totales.	51
4.10 Determinación de Turbidez.	52
4.11 Determinación de Color.	52
4.12 Determinación de Conductividad Eléctrica.	52
4.13 Determinación de pH.	53

## **CAPÍTULO V**

5.0 RESULTADOS.	55
-----------------	----

## **CAPÍTULO VI**

6.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS.	80
-----------------------------	----

## **CAPÍTULO VII**

7.0 CONCLUSIONES.	84
-------------------	----

## **CAPÍTULO VIII**

8.0 RECOMENDACIONES.	87
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA.

GLOSARIO

ANEXOS.

## **ÍNDICE DE ANEXOS.**

- 1. Listado de reactivos, materiales y equipos.**
- 2. Preparación de Reactivos.**
- 3. Instrucciones de operación de equipos.**
- 4. Formato de recolección de condiciones ambientales del laboratorio.**
- 5. Formato de registro de recolección de muestras.**
- 6. Formato para recolección de resultados.**
- 7. Tabla de sobre valores permisibles de la Norma Salvadoreña NSO  
13.07.03:01. Para los parámetros analizados.**
- 8. Mapa de ubicación Geográfica de la Quebrada El Níspero y Río San Antonio.**
- 9. Fotografías de la Quebrada el Níspero y Río San Antonio**

## **ABREVIATURAS**

**ANDA:** Administración Nacional de Acueducto y Alcantarillados.

**DBO:** Demanda Biológica de Oxígeno

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**N.T.U:** Unidades Nefelométricas.

**O.D:** Oxígeno Disuelto.

**p.p.m:** Partes por millón.

**Pt-co:** Cobalto-Platino.

**S.A.F:** Sulfato de amonio ferroso.

## RESUMEN

Este trabajo tuvo por finalidad determinar el grado de contaminación que se incorpora al Río San Antonio, a través de la Quebrada El Níspero en la cual se descargan aguas domésticas y aguas de algunas industrias artesanales; se realizaron análisis físicos, químicos e indicativos de contaminación que incluyen Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, conductividad eléctrica, temperatura, color, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos, sólidos disueltos y sólidos sedimentables.

Se analizaron 24 muestras en total los meses de Febrero a Abril de 2004.

Las muestras se recolectaron en 3 puntos diferentes:

- 1- Quebrada El Níspero (Parcelación Las Mercedes) 8 muestras.
- 2- Río San Antonio (Colonia Las Mercedes) 8 muestras.
- 3- Desemboque de la Quebrada El Níspero al Río San Antonio (Colonia Ibisá) 8 muestras.

Se determinó que la carga de contaminación que aporta la Quebrada El Níspero al Río San Antonio es alta, ya que la mayoría de parámetros analizados sobrepasan los límites máximos permitidos por la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01.

Los resultados obtenidos se darán a conocer al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales y a la Alcaldía Municipal de Mejicanos, recomendándoles la elaboración de programas y/o proyectos de educación para el rescate de estos recursos hídricos y fomentar programas de limpieza en la Quebrada El Níspero para disminuir los focos de contaminación de la población que habita en su alrededor.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCIÓN.

La contaminación del agua es el resultado de la adición de sustancias que altera 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 y así tomar medidas al respecto (2).

La población que reside en los alrededores de la Quebrada El Níspero y Río San Antonio del Municipio de Mejicanos, desechan sus aguas domésticas, aguas de industrias artesanales, desechos y otro tipo de residuos a la orilla de estos, quedándose acumulada durante su recorrido y generando mal olor convirtiéndose en un foco de contaminación para todas las comunidades aledañas (2).

Este trabajo tuvo como objetivo determinar el grado de contaminación que aporta la Quebrada “El Níspero” al Río San Antonio, por medio de análisis físicos, químicos e indicativos de contaminación biológica: Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), pH, color, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos sedimentables, turbidez, temperatura y conductividad eléctrica. Las muestras analizadas se recolectaron entre los meses de Febrero a Abril de 2004, en tres diferentes puntos de muestreo:

- 1- Río San Antonio (Colonia Las Mercedes).
- 2- Quebrada el Níspero (Parcelación Las Mercedes).
- 3- Desemboque de la Quebrada El Níspero al Río San Antonio (Colonia Ibisa).

Los análisis se realizaron en la unidad de aguas residuales de los Laboratorios de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Se determinó por comparación si las aguas analizadas se encuentran dentro de los rangos permisibles para aguas domésticas o aguas industriales tomando como base la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01. Los resultados obtenidos se darán a conocer a las instituciones competentes (Alcaldía Municipal de Mejicanos y Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales) para que tomen medidas pertinentes para disminuir o impedir el incremento de la contaminación de este recurso hídrico.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

## **2. 2.0 OBJETIVOS.**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL.**

Determinar el grado de contaminación de las aguas de la Quebrada “El Níspero”, afluente del Río San Antonio del Municipio de Mejicanos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.**

2.2.1 Encontrar los valores de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), y Demanda Química de Oxígeno (DQO).

2.2.2 Realizar los valores de: pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, color, temperatura y demanda de Oxígeno.

2.2.3 Comparar los resultados obtenidos con los límites permisibles en la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 (en revisión) para verificar el grado de contaminación que aporta la Quebrada “El Níspero” al Río San Antonio.

2.2.4 Dar a conocer los resultados obtenidos a la Alcaldía Municipal de Mejicanos y al Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

### **3.0 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 AGUAS RESIDUALES. (6)**

La contaminación del agua es uno de los principales problemas ambientales de nuestros tiempos, se ha originado debido al crecimiento y al desarrollo industrial-urbano y es el resultado de cualquier adición al ciclo natural de la misma que altere su calidad a tal grado que impida la utilización normal de este líquido. La calidad del agua esta determinada por condiciones naturales, por las actividades del ser humano, por el uso, tratamiento, desarrollo de la tierra y en alto grado por los problemas del agua residual.

El agua residual es la que se obtiene como resultado de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo doméstico e industrial. El tratamiento de aguas residuales se define como el proceso necesario para la eliminación de los sólidos suspendidos y de las sustancias disueltas que permanecen en el agua residual. Los parámetros de calidad del agua que tienen importancia en los vertidos de aguas residuales son: Oxígeno Disuelto (OD), sólidos suspendidos, nutrientes, pH y compuestos químicos tóxicos, entre los que se encuentran los compuestos orgánicos volátiles y los neutralizadores ácidos / básicos.

La importancia del análisis de estos parámetros radica en que el Oxígeno Disuelto (OD) afecta la vida acuática cuando sus niveles se sitúan por debajo de 4-5 mg/L, produciéndose efectos nocivos en determinadas especies. Los sólidos suspendidos afectan la turbiedad del agua y acaban por sedimentar, lo cual puede dar lugar a un enriquecimiento de toxicidad y demanda de oxígeno de los sedimentos. Los nutrientes pueden provocar eutrofización (el

agua se enriquece de oxígeno, provocando un aumento de plantas acuáticas y descensos del nivel de Oxígeno Disuelto). La acidez del agua, medida por su pH, afecta el equilibrio químico y ecológico de las aguas ambientales. Los niveles de Oxígeno Disuelto en el torno se pueden ver afectados por el crecimiento de algas y hierbas que se alimentan a base de amoníaco y nitratos, estos compuestos de amoníaco pueden actuar como nutrientes.

Durante las horas de sol, las algas y las hierbas constituyen una fuente de oxígeno debido a los procesos de fotosíntesis, a la vez que representan un sumidero de oxígeno a todas horas del día como consecuencia de la respiración, debido a la fotosíntesis puede llegarse a niveles de sobresaturación de Oxígeno Disuelto.

Las normativas sobre el tratamiento de las aguas residuales se están volviendo cada vez más estrictas en lo referente a la limitación de las concentraciones de muchas sustancias en los efluentes de las plantas de tratamiento. Las restricciones impuestas para la concesión de permisos de vertido en ciertas zonas pueden incluir la eliminación de materia orgánica, sólida en suspensión, nutriente y compuestos tóxicos.



### **3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES. (7)**

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo a su origen y composición. Cuando se diseñan los sistemas de disposición de aguas residuales, la recolección y el tratamiento de las mismas, debe diferenciarse entre:

**3.2.1 Las Aguas residuales domésticas** que provienen de viviendas, incluyendo el agua utilizada para limpieza de calles, así como las provenientes de pequeñas industrias locales conectadas al mismo sistema de alcantarillado. Las aguas residuales frescas de origen doméstico emergen como un líquido turbio, de color gris o amarillento, con olor séptico, en el cual van suspendidas partículas de sedimento, heces, residuos vegetales, tiras de papel y materiales sintéticos.

**3.2.2 Aguas residuales comerciales** que provienen de locales comerciales, como mataderos, pequeñas industrias y otras instalaciones públicas y que suelen estar conectadas a un sistema de alcantarillado común.

**3.2.3 Aguas residuales de todo tipo** producidas por grandes plantas industriales.

**3.2.4 Aguas residuales agrícolas** provenientes de la cría de ganado y del procesamiento de productos animales y vegetales.

**3.2.5 Aguas de infiltración** provenientes de sistemas de drenaje, tuberías de desagüe y del descenso artificial del nivel de las aguas subterráneas.

**3.2.6 Agua lluvia** que incluye todas las formas de precipitación: lluvia, nieve, granizo y niebla.

**3.2.7 Aguas superficiales** provenientes de aquellos cuerpos de aguas que ingresan directamente en el sistema de alcantarillado.

Estos diferentes tipos de aguas residuales reciben en conjunto la denominación de aguas residuales municipales. Las aguas residuales contienen diversas sustancias de origen natural o artificial, que pueden ser más o menos dañinas para el ser humano, los animales y el ambiente. La composición de las aguas residuales depende de su origen y de su tratamiento antes de la descarga.

### **3.3 CLASIFICACIÓN DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES <sup>(7)</sup>**

Los contaminantes de las aguas residuales se pueden clasificar en contaminantes orgánicos y contaminantes inorgánicos.

**3.3.1 CONTAMINANTES ORGÁNICOS:** Son compuestos cuya estructura química esta constituida fundamentalmente por carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno. Son los contaminantes mayoritarios en vertidos urbanos y generales en la industria agroalimentaria. Entre los compuestos que pueden aparecer en las aguas residuales como contaminantes orgánicos se encuentran:

**Proteínas:** Proceden fundamentalmente de excretas humanas o de desechos de productos alimentarios, son biodegradables, bastantes inestables y responsables de malos olores.

**Carbohidratos:** Se incluyen en este grupo azúcares, almidones y fibras celulósicas procedentes al igual que las proteínas de excretas y desperdicios.

**Aceites y grasas:** Altamente estables, inmiscibles con el agua, procedentes en su mayoría de desperdicios alimentarios a excepción de los aceites minerales que proceden de otras actividades.

**Otros:** Tensioactivos, fenoles, organoclorados y organofosforados, su origen es muy variable y presenta elevada toxicidad.

**3.3.2 CONTAMINANTES INORGÁNICOS:** Son de origen mineral y de naturaleza ácida, siendo mas abundante sales, óxidos, ácidos, bases y metales. Los contaminantes en forma de compuestos inorgánicos de las aguas residuales están en función del material contaminante y de la naturaleza de la fuente contaminante, aparecen en cualquier tipo de agua residual, aunque se observan con mayor frecuencia en los vertidos generados por las grandes plantas industriales.

### **3.4 EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES. (8)**

Se considera que las aguas residuales son dañinas cuando impiden o perjudican el uso normal del agua o cuando acarrean hasta las aguas naturales productos residuales considerados como nocivos. Pueden producirse daños directos, cuando las aguas residuales son descargadas a un cuerpo receptor cuya agua sea utilizada, por ejemplo, para:

- a) Cultivo de peces.
- b) Abastecimiento de agua potable.
- c) Areas recreativas.

Las aguas residuales podrían destruir completamente un sistema ecológico y de esa manera eliminar una fuente de recursos naturales y de producción de alimentos. Los daños indirectos causados por las aguas residuales son difíciles de cuantificar. Es así como los costos asociados a la ceguera causada por la oncocercosis debido a aguas residuales contaminadas, especialmente en los países en vías de desarrollo es alto y podría evitarse si se tiene un mejor control de las aguas residuales que se descargan a los cuerpos receptores.

Las aguas residuales que presentan efectos excepcionalmente tóxicos sobre seres humanos y animales son aquellas que contienen los siguientes componentes:

- Solventes orgánicos.
- Compuestos orgánicos halogenados.
- Sulfuro de hidrógeno, entre otros.

### **3.5 EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA NATURAL. (8)**

El mayor contaminante de las aguas naturales es la descarga de aguas residuales provenientes de las ciudades y de las industrias. El resultado de esta contaminación se refleja en una considerable modificación de las propiedades del agua natural, observándose sobre las aguas naturales efectos como:

**3.5.1 Disminución del contenido de oxígeno.** Debido a los constituyentes de las aguas residuales que son química y biológicamente oxidables y consumen el oxígeno disuelto del agua natural mediante la oxidación de compuestos orgánicos.

**3.5.2 Incremento en el contenido de sólidos totales.** Las aguas residuales contienen componentes sólidos que pueden ser de origen mineral u orgánico y pueden descomponerse produciendo la flotación de los mismos.

Cuanto más largo sea el colector que conduce las aguas residuales hasta el cuerpo receptor y más turbulento el flujo en la alcantarilla, más pequeñas serán las partículas presentes en el agua residual.

### **3.6 MUESTREO DE AGUA Y LODO RESIDUAL. INSPECCIÓN DE LOS PUNTOS DE MUESTREO. (7)**

La persona encargada de recoger las muestras debe dar información acerca de las condiciones del lugar y la forma en que se realiza el muestreo. Esta información debe ser lo más detallada para que el analista del laboratorio y el químico que la interpreta puedan tener una visión de las condiciones y problemas de la localidad. Este conocimiento proporciona la base para interpretar los resultados analíticos locales. El personal del laboratorio debe reproducir las condiciones principales del sitio de muestreo y para ello utiliza las anotaciones del recolector de muestras. En este tipo de registro se debe incluir:

- Fecha y hora o intervalo del muestreo.
- Lugar y ubicación del punto de muestreo.
- Descripción detallada del lugar de muestreo.
- Detalle del tipo de muestra de agua que se recolecta.
- Existencia o no existencia de un tratamiento preliminar de aguas residuales, cuando se trate aguas residuales industriales. Anotar cuales son los productos elaborados por la empresa, ya que esto da información acerca de los posibles contaminantes en las aguas residuales.
- Observaciones locales pueden proporcionar información sobre aguas residuales que contengan solventes orgánicos, aceites u otros compuestos.
- Descripción sobre el aspecto del agua residual, su color, turbiedad.
- Especificar la cantidad de muestras aleatorias.
- Especificar si el muestreo se realizó manualmente o utilizando instrumento.
- Anotar las medidas de seguridad de transporte de las muestras y condiciones a seguir si no se pueden cumplir.

En el muestreo de las aguas residuales hay pasos de particular importancia como la refrigeración y el congelamiento. Las aguas residuales contienen múltiples microorganismos cuyas reacciones microbiológicas continúan en la muestra tomada. La refrigeración reduce estas actividades microbiológicas. Las muestras de agua se deben mantener a  $\pm 4$  °C en cajas refrigerantes que contengan hielo o en un refrigerador en el vehículo que transporte las muestras,

debiendo ser llevadas lo más pronto posible al laboratorio de análisis. Una vez en el laboratorio, no deberá pasar mucho tiempo antes de ser analizadas. Las muestras se pueden congelar para fijar las características del agua residual y poder luego proseguir con los análisis en el laboratorio. En este caso, el agua debe congelarse lo antes posible a  $-20^{\circ}\text{C}$  y en botellas de plástico, preservándola luego en este estado de congelamiento hasta ser analizada.

### **3.7 PARÁMETROS ANALIZADOS EN AGUAS.**

#### **3.7.1 PARÁMETROS FÍSICOS.**

##### **3.7.1.1 COLOR. (4)**

El color es la capacidad de absorber ciertas radiaciones del espectro visible. 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 utiliza como material de proceso y un potencial espumante en su uso en calderas.

**3.7.1.2 TURBIDEZ. (4)**

La turbidez es una expresión de la propiedad óptica que origina que la luz se disperse y absorba, en lugar de transmitirse en línea recta a través de una muestra. La turbidez del agua es producida por materias en suspensión como arcilla o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas. Son difíciles de decantar, filtrar y pueden dar lugar a la formación de depósitos. Además interfiere con la mayoría de procesos a que se pueda destinar el agua.

**3.7.1.3 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. (3)**

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 las impurezas presentes.

**3.7.1.4 TEMPERATURA. (2)**

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 centígrada) 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.

### **3.7.2 PARÁMETROS QUÍMICOS.**

#### **3.7.2.1 SÓLIDOS DISUELTOS. (4)**

Este parámetro mide el contenido total de sales en el agua, los sólidos disueltos o salinidad total. Es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. El origen de los sólidos disueltos puede ser múltiple, orgánico e inorgánico, tanto en aguas subterráneas como superficiales.

Aunque para las aguas potables se indica un valor máximo deseable de 500 ppm, el valor de los sólidos disueltos no es por si solo suficiente para determinar la calidad del agua.

#### **3.7.2.2 SÓLIDOS EN SUSPENSIÓN. (4)**

Los sólidos en suspensión, es una medida de los sólidos sedimentables que pueden ser retenidos en un filtro. Se pueden determinar pesando el residuo que queda en el filtro, después de secado. Son indeseables en las aguas de proceso porque pueden causar depósitos en las conducciones, calderas. Las aguas subterráneas suelen tener menos de 1 ppm, pero en la superficie varia mucho en función del origen y las circunstancias de la captación.

### **3.7.2.3 SÓLIDOS TOTALES. (4)**

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

### **3.7.2.4 pH. (4)**

El pH es una medida de la concentración de iones hidrógenos, se define como el logaritmo del inverso de la concentración de iones  $H^+$ ; sirve para medir el grado de acidez o alcalinidad del agua. Los valores de pH mas adecuados para los procesos aerobios en el tratamiento de aguas residuales, generalmente varían entre 6.5 y 7.5.

En los sistemas biológicos, el valor del pH puede experimentar variaciones:

- Pasar de la región ácida a la neutra como resultado de la descomposición de los ácidos orgánicos.
- Pasar de la región alcalina a la neutra como resultado del efecto neutralizante del bióxido de carbono de la producción biogénica.
- Pasar a una condición ácida como resultado del proceso de nitrificación o de la oxidación de los compuestos sulfurosos convirtiéndolos en ácido sulfúrico.
- Pasar a una alcalina como resultado de la descomposición de los componentes orgánicos de las sales alcalinas.

### **3.7.3 PARÁMETROS INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN ORGÁNICA Y BIOLÓGICA.**

#### **3.7.3.1 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO. <sup>(4)</sup>**

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 5 días y se mide en ppm de O<sub>2</sub>. En las aguas residuales domésticas se sitúa entre 100 y 350ppm. En las aguas industriales su concentración es totalmente dependiente del proceso de fabricación pudiendo alcanzar varios miles de ppm.

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.

La Demanda Biológica de Oxígeno requerido para la respiración de los microorganismos responsables de la estabilización (oxidación), especialmente bacterias (aeróbicas o anaeróbicas: Pseudomonas, Escherichia, Aerobacter, Bacillus), hongos y plancton se consumen durante la degradación de las sustancias orgánicas contenidas en la muestra. A mayor cantidad de materia orgánica que contenga la muestra, más oxígeno necesitan los microorganismos para oxidarla.

Si hay una gran cantidad de desechos orgánicos en el suministro de agua, también habrá muchas bacterias presentes trabajando para descomponer este desecho. En este caso, la demanda de oxígeno será alta, así que el nivel de la DBO será alto. Conforme el desecho es consumido o dispersado en el agua, los niveles de la DBO empezarán a bajar.

Los nitratos y fosfato en una masa de agua pueden contribuir a los niveles altos de DBO. Los nitratos y fosfatos son nutrientes para las plantas y pueden hacer que la vida vegetal y las algas crezcan rápidamente. Esto contribuye al desecho orgánico en el agua, el que luego es descompuesto por las bacterias y ocasionando altos niveles de DBO. El agua tibia generalmente tendrá un nivel de DBO más alto que el agua fría. Conforme la temperatura del agua aumenta, la velocidad de la fotosíntesis que realizan las algas y otras plantas en el agua también aumenta. Por lo tanto, las aguas con temperaturas más altas aceleran la descomposición bacteriana y ocasionan niveles de DBO más altos.

Cuando los niveles de la 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.

El oxígeno disuelto puede indicar el grado de frescura o ranciedad del agua. Este depende de factores como la presión y la temperatura, que actúan sobre el oxígeno disuelto. En función de una menor temperatura y a mayor presión se aumenta la solubilidad del oxígeno en el agua, en condiciones óptimas de temperatura constante a 20°C y en ausencia de luz. Los valores que determina

la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:03 están entre 3 y 5 mg de oxígeno consumido. Según las reglamentaciones, se fijan valores de DBO máximo que pueden tener las aguas residuales, para poderlas verter a los ríos y otros cursos de agua.

#### **3.7.3.1.1 FUNDAMENTO DEL MÉTODO DE WINKLER. (4)**

Permite determinar el oxígeno disuelto en mg/L (OD) a través de una reacción química. Una solución de manganeso se añade a la muestra que se va a analizar. Después de tratarla con una base de yoduro, el manganeso reacciona con el oxígeno para formar un compuesto estable de manganeso y oxígeno (precipitado formado), luego se trata la solución con ácido, que disuelve el compuesto de oxígeno y manganeso y forma una cantidad proporcional de yodo libre (proporcional al oxígeno disuelto en la muestra), después se determina la cantidad de yodo en la solución titulando con una solución estandarizada de tiosulfato hasta que todo el yodo libre ( $I_2$ ) es transformado a yoduro ( $I^-$ ). Se usa almidón como indicador el cual se torna púrpura en presencia de yodo pero es incoloro en contacto con yoduro. El color del almidón es el indicador de que todo el yodo se convirtió en yoduro. La cantidad de tiosulfato usado en la titulación es proporcional al yoduro, que es proporcional al OD. El OD se calcula determinando la cantidad de tiosulfato consumido en la titulación.

#### **3.7.3.1.2 LIMITACIONES E INTERFERENCIAS EN EL MÉTODO. (4)**

Existen numerosos factores que afectan la prueba de la Demanda Biológica de Oxígeno, entre ellos la relación de la materia orgánica suspendida, los sólidos sedimentables, los flotantes, la presencia de hierro en su forma oxidada o reducida, las aguas no bien mezcladas. Estos pueden ser eliminados con la adición de inhibidores químicos, cuando no se inhiban, reportar los resultados como  $DBO_5$ . Generalmente, cuando los niveles de DBO son altos, hay una reducción en los niveles de OD. Esto sucede debido a que la demanda de oxígeno por parte de las bacterias es alta y ellas están tomando el oxígeno disuelto en el agua. Si no hay materia orgánica en el agua, no habrá muchas bacterias presentes para descomponerla, la DBO tenderá a ser menor y el nivel de OD tenderá a ser más alto. La muestra en la que se analiza la DBO, debe ser sometida previamente a un tratamiento para reducir al máximo las posibilidades de error que en este método son comunes.

#### **3.7.3.1.3 DILUCIÓN. (4)**

Si el grado de contaminación es muy grande, el consumo de  $O_2$  será superior a la máxima capacidad de saturación, que es de 9.17mg/L de modo que es necesario efectuar diluciones, que pueden ser variables y que el "Standard Methods for the examination of water and wastewater", aconseja las siguientes:

- Líquidos residuales industriales concentrados: 0.1-1%.
- Efluentes oxidados: 5-25%.
- Aguas de ríos contaminados: 25-100%.

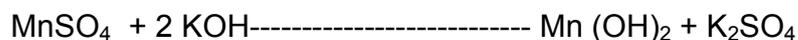
La naturaleza compleja y variable de estos líquidos, impiden aplicar en forma estricta los valores anteriores. Cuando se carece de experiencia o se trabaja con muestras desconocidas, el método más seguro consiste en efectuar varias diluciones que cubran una amplia escala de valores.

#### 3.7.3.1.4 AJUSTE DEL pH <sup>(4)</sup>

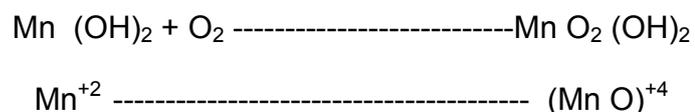
Tiene una marcada importancia en el desarrollo biológico, tanto si este es muy bajo o en cambio sus valores son altos. Si el pH es inferior a 6.5, debe agregarse NaOH 1N hasta ajustarlo. Si el pH es mayor a 7.5, se debe agregar H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0.1N hasta ajustar a pH entre 6.5-7.5. Es conveniente realizar la corrección en una alícuota de la muestra y luego corregir la muestra que se va utilizar para la determinación de la demanda biológica de oxígeno, así como en la demanda química de oxígeno que se debe preservar previamente antes de guardarla.

#### 3.7.3.1.5 MECANISMO DEL MÉTODO DE WINKLER. <sup>(12)</sup>

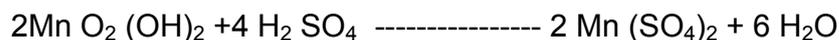
1- El sulfato manganoso agregado a una muestra con el hidróxido potasio reacciona produciendo un precipitado floculento de hidróxido manganoso.



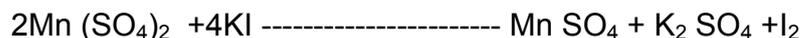
2. Si el precipitado permanece blanco, se debe a que no contiene oxígeno disuelto (O.D). Sí el precipitado es pardo oscuro, señala la existencia de O.D. que ha reaccionado con el hidróxido manganoso. Oxidándolo.



3. Agregar ácido sulfúrico hasta que el precipitado se disuelva, formándose sulfato mangánico.



4. Este sulfato fuertemente oxidante reacciona inmediatamente con el yoduro de potasio presente en la solución según 1) fuertemente reductor, liberándose yodo, que da color característico a la muestra.



El iodo liberado es equivalente a la masa de oxígeno presente en la muestra, de donde:

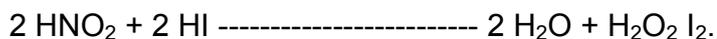
$$8\text{g. de O}_2 = 127\text{g. de yodo}$$

$$1\text{Eq O} \equiv 1\text{Eq. De yodo}$$

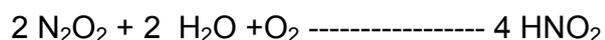
$$1\text{mL de una solución } 0.025\text{ N de Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \text{ equivale a } 0.2\text{mg de O}_2.$$

Este resultado permite interpretar como, a través de la valoración de  $\text{I}_2$  con  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , se está determinando el oxígeno disuelto en la muestra.

Si en la muestra se encontraran nitritos, al acidular la muestra con  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , esta reacciona con el KI liberando I, que al ser titulado con el  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ , aparecerá como oxígeno disuelto (O.D).



Si la reacción termina aquí, el error con bajos contenidos de nitritos en la muestra sería poco significativo, pero la muestra expuesta al aire disuelve oxígeno que reacciona con el  $N_2O_2$ , produciendo otra vez  $NO_2$  que sigue liberando más yodo.

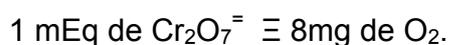


Por eso el error se disminuye valorando de inmediato y rápidamente la muestra a fin de que el ciclo se repita la menor cantidad de veces.

### 3.7.3.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO) (4)

Mide la capacidad de consumo de un oxidante químico, dicromato o permanganato, por materias oxidables contenidas en el agua y también se expresa en ppm de oxígeno de la capacidad del consumo de oxígeno de los contaminantes orgánicos presentes en las aguas de desechos. Indica el contenido en materias orgánicas oxidables y otras sustancias reductoras, tales como  $Fe^{++}$  y  $NH_4^+$ . Las aguas no contaminadas tienen valores elevados de DQO. Las aguas residuales domésticas suelen contener entre 250 y 600 ppm. En las aguas residuales industriales la concentración depende del proceso de fabricación de que se trate. La relación entre los valores de la DBO y DQO es un indicativo de la biodegradabilidad de la materia contaminante. En las aguas residuales un valor de la relación DBO/DQO menor que 0.2 se interpreta como un vertido de tipo inorgánico y si es mayor que 0.6 como orgánico.

Esta prueba esta basada en una oxidación química en condiciones severas en donde el oxidante utilizado (Ion dicromato  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{=}$ ) para oxidar la materia orgánica en la muestra, se expresa como equivalente de 3 oxígeno y su medición esta basada en la misma unidad que la DBO.



La prueba es capaz de oxidar la mayoría de las sustancias orgánicas hasta un nivel entre 95% y 100%, sin embargo algunas resisten este tipo de oxidación como el benceno, el tolueno y la piridina. En principio el resultado de ambas pruebas deberán ser comparables, puesto que ambas se basan en la cantidad de oxígeno consumido en la oxidación sin embargo dada la diferente biodegradación de las sustancias orgánicas, la demanda bioquímica de oxígeno ejercida en la prueba estándar de 5 días no representa si no una fracción de la cantidad total de materia orgánica presente. La comparación de estas dos mediciones da una idea de la biodegradabilidad de la materia orgánica en la muestra. Con esta información, se puede afirmar que ambas mediciones son complementarias y no susceptibles una de la otra.

### **3.7.3.2.1 MÉTODO TITULOMÉTRICO DE DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.**

#### **3.7.3.2.1.1 GENERALIDADES DEL MÉTODO REFLUJO CERRADO. (4)**

La mayor parte de la materia orgánica resulta oxidada por una mezcla en ebullición de ácidos crómicos y sulfúricos. Se someten a reflujo las muestras y los blancos en una solución ácida fuerte con exceso conocido de dicromato de potasio ( $K_2Cr_2O_7$ ), después de la digestión el dicromato de potasio no reducido remanente se titula con sulfato de amonio ferroso para determinar la cantidad de  $K_2Cr_2O_7$  y calcular la materia orgánica oxidable en términos de equivalente de oxígeno. El tiempo estándar de reflujo es de 2 horas a  $150\pm 2^\circ C$ . La DQO es una prueba en la que se determina los requerimientos relativos de oxígeno en agua contaminadas como aguas residuales domésticas e industriales, aguas superficiales y fuentes provenientes de plantas de tratamiento de aguas.

#### **3.7.3.2.1.2 PRECAUCIONES (4)**

Verificar que los tubos y las tapas estén libres de grietas. Lavar los tubos y tapas con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) al 20 %, luego lavar con extran (líquido de lavado utilizado en el laboratorio) y por último lavar con agua destilada, para evitar contaminantes. Si se desarrolla un color verde en la solución de las muestras antes, durante o después del reflujo, iniciar de nuevo el análisis haciendo diluciones hasta obtener un color amarillo igual al blanco de reactivos. Si las muestras no se analizan el día de recolección se pueden preservar con ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ) concentrado a pH menor de 2 y refrigerar a  $4^\circ C$ . El

tiempo máximo de preservación 7 días, límite máximo permitido 28 días después de acidificación.

Transportar en hielera con suficiente hielo para mantener la temperatura a 4°C. Colectar las muestras en frascos de vidrio o plástico dejando rebalsar los frascos para evitar burbujas.

#### **3.7.3.2.1.3 INTERFERENCIAS. (4)**

Los compuestos alifáticos de cadena lineal se oxidan con mayor eficacia cuando se añade sulfato de plata ( $\text{AgSO}_4$ ) como catalizador. El sulfato de plata reacciona con el cloro, bromo y el yodo para producir precipitados oxidados parcialmente. Las dificultades causadas por la presencia de haluros pueden ser superados en gran medida, mediante la formación de complejos con sulfato de mercurio ( $\text{HgSO}_4$ ) antes del procedimiento de reflujo.

**CAPÍTULO IV**  
**DISEÑO METODOLÓGICO**

#### **4.0 DISEÑO METODOLÓGICO.**

Se divide en Investigación Bibliografía e Investigación de campo.

#### **4.1 TIPO DE ESTUDIO.**

Investigación experimental, descriptiva, prospectiva.

#### **4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRÁFICA.**

La Investigación Bibliográfica se realizó en la Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia y en la Biblioteca de Ciencias Agronómicas de la Universidad de El Salvador.

También se investigaron conceptos y fundamentos de aguas residuales así como antecedentes internacionales de estudios similares vía Internet.

#### **4.3 INVESTIGACIÓN DE CAMPO.**

Las muestras de aguas analizadas fueron recolectadas en la Quebrada El Níspero y en dos diferentes puntos del Río San Antonio del Municipio de Mejicanos. Estos cuerpos de agua atraviesan zonas sobrepobladas como las colonias: Universitaria Norte, edificios de apartamentos de la Colonia Zacamil, Colonia Altamirano, calle María, Colonia Las Mercedes, Colonia Ibiza y Colonia San Antonio entre otras. En la quebrada desembocan aguas domésticas, aguas lluvias, aguas de industrias artesanales y otros tipos de desechos observándose en todo el recorrido de la quebrada promontorios de basura que se van

acumulado produciendo mal olor y convirtiéndose en un verdadero foco de contaminación que atenta contra la salud de todos los habitantes de las colonias antes mencionadas. La Alcaldía Municipal de Mejicanos proporcionó un mapa del sector en el cual se observa que la Quebrada El Níspero nace en la Colonia Metrópolis. Anteriormente esta quebrada era conocida como “El Arenal” (10).

En una entrevista realizada al Director de la Unidad de Salud de Mejicanos se informó que las enfermedades más frecuentes consultadas por los habitantes de ese municipio son: amibiasis, diarreas, escabiosis, hepatitis “A” e infección respiratoria aguda.

#### **4.3.1 UNIVERSO Y MUESTRA.**

**Universo:** Aguas del Río San Antonio y de la Quebrada El Níspero del Municipio de Mejicanos.

**Muestras:** 24 Muestras en total recolectadas en 3 puntos diferentes:

1- Quebrada El Níspero (200 metros antes del desemboque al río San Antonio)

8 muestras.

2- Río San Antonio (300 metros antes de la unión con la quebrada) 8 muestras.

3- Río San Antonio (500 metros después del desemboque de la quebrada) 8 muestras.

Los análisis fueron realizados por dos analistas. Cada uno de los puntos se muestreo durante los meses de Febrero a Abril de 2004.

Los parámetros analizados en cada una de las muestras fueron: pH, conductividad eléctrica, turbidez, sólidos totales, sólidos disueltos, sólidos suspendidos, color, temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

#### **4.3.2 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.**

Las muestras se recolectan en frascos limpios de polietileno de 2 litros de capacidad. El proceso para la recolección fue el siguiente:

- 1) Ambientar el frasco con agua residual enjuagándolo tres veces, descartando cada agua utilizada para ambientar.
- 2) Colocar el frasco en sentido contrario de la corriente del agua, hasta que este completamente lleno. Evitando burbujas de aire en el frasco.
- 3) Transportar las muestras en hielera a 4°C hasta el laboratorio de análisis.

#### **4.4 DETERMINACIÓN DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO <sup>(4)</sup>.**

- Recolectar las muestras en botellas de Winkler limpias con tapón de vidrio.
- Cuidar de no dejar oxígeno al tapar las botellas.
- Llevar por duplicado las muestra.
- Diluir la muestra a la concentración que se desea y colocar 3 mL de la solución en el frasco de Winkler.
- Agregar el agua de dilución hasta llenar la botella, tapar y descartar el agua derramada de las botellas.

- Incubar uno de los frascos por 5 días a una temperatura de 20°C, agregar agua encima del tapón esmerilado y colocar un beaker para evitar que se introduzca oxígeno atmosférico.
- Destapar el segundo frasco y agregarle 2 mL de sulfato manganoso, 2 mL de la solución de álcali yoduro-azida y mezclar. Aparecerá, un precipitado amarillo. Dejar sedimentar el precipitado y mezclar nuevamente.
- Añadir 1 mL de ácido sulfúrico concentrado, el precipitado deberá desaparecer.
- Tomar 203.00 mL de la solución y colocar en un erlenmeyer al cual se le introduce un agitador magnético.
- Titular la muestra con tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta que aparezca un tinte amarillo.
- Añadir 1 mL de solución de almidón. La muestra se tornará azul.
- Continuar con la titulación hasta que la muestra se torne clara. Agitar para comprobar que la muestra se mantiene clara.
- Calcular la cantidad de mililitros de tiosulfato de sodio 0.025 N. usado en la titulación.

**FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE OXÍGENO DISUELTO (4).**

Encontrar la ppm de DBO en la muestra utilizando la formula:

$$\text{mg/L de DBO} = \frac{(D_1 - D_2) - (b_1 - b_2)}{P}$$

1Eq O  $\equiv$  1 Eq de yodo

Donde:

$D_1$  = Oxigeno disuelto de la muestra Inicial (tomada el primer día de muestreo).

$D_2$  = Oxigeno disuelto de la muestra después de la incubación (cinco días después).

P = Porcentaje de la cantidad de muestra utilizada.

$b_1$  = Blanco inicial (antes de la incubación de los cinco días).

$b_2$  = Blanco final (después de los cinco días).

Ejemplo de cálculo:

Primer punto de muestreo, datos tomados del día 26-03-04

Datos:

$D_1 = 7.6 \text{ mg/L}$      $D_2 = 7.1 \text{ mg/L}$      $B_1 = 7.8 \text{ mg/L}$      $B_2 = 7.6 \text{ mg/L}$      $P = 0.005$

$$\text{DBO mg/L} = \frac{(7.6-7.1) - (7.8-7.6)}{0.005}$$

DBO mg/L = 60 mg/L

Este valor es uno de los que se utilizaron para sacar el promedio para el primer punto de muestreo, se saca para dar un ejemplo de cómo se utiliza la formula.

#### 4.5 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO.

##### MÉTODO REFLUJO CERRADO (TITULOMÉTRICO) (4)

- Conectar el reactor de COD 30 minutos antes de realizar el análisis.
- Preparar 2 blancos de reactivos con 2.5 mL de agua destilada y tratarla igual que la muestra.
- Medir 2.5 mL de muestra en un tubo.
- Agregar 1.5 mL de solución digestión estándar de  $K_2Cr_2O_7$ .
- Agregar 3.5 mL de reactivo de ácido sulfúrico.
- Tapar el tubo y mezclar invirtiendo varias veces. Se desarrollará un color Amarillo.
- Colocar los blancos y muestras en el reactor de COD a  $150 \pm 2^\circ C$  y digerir por 2 horas.
- Retirar los blancos y las muestras del reactor y enfriar a temperatura ambiente. La muestra que desarrolle color verde no se titulará.
- Agregar a cada tubo 2 gotas de ferroina. Tapar y mezclar.
- Titular con sulfato de amonio ferroso (S.A.F) 0.10 M. Tapar y mezclar después de cada adición. Tomar como punto final de titulación el cambio de color azul verdoso a marrón rojizo.

**FORMULA PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (4).**

$$\text{DQO mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{2.5 \text{ mL de muestra.}}$$

**DONDE:**

A = mL de SAF (sulfato de amonio ferroso) utilizados para titular el blanco.

B = mL de SAF utilizados para titular la muestra.

M = Molaridad del SAF.

8000 = peso mili- equivalentes de oxígeno x 1000.00 mL/L.

2.5= Alícuota en mL de muestra tomada.

Calculo:

Los datos son del segundo punto de muestreo del día 19-03-04

$$\text{DQO mg/L} = \frac{(A-B) \times M \times 8000}{2.5 \text{ mL muestra}}$$

Molaridad de la solución de sulfato ferroso.

$$M = \frac{V \text{ Solución titulada de } K_2Cr_2O_7 \times 0.01667M \times 0.10}{V \text{ solución SAF utilizada en la titulación}}$$

$$\text{DQO} = \frac{(1.48-1.4) \times 0.1 \times 8000 \times 10}{2.5}$$

$$\text{DQO} = 256 \text{ mg/L}$$

S.A.F= sulfato de amonio ferroso.

10= factor de dilución.

Si se hace dilución a las muestras multiplicar por el factor de dilución.

#### **4.6 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES. (4)**

- Colocar en los conos un litro de agua. Dejar sedimentar por 45 minutos.
- Agitar por las paredes con el cuidado de no mover el fondo, dejar sedimentar por 15 minutos.
- Hacer la lectura (Medir en los conos graduados la cantidad de sólidos sedimentados por mL) de lo sedimentado por una hora.

#### **4.7 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS. (4)**

- Calibrar el espectrofotómetro con agua destilada a 810 nm.
- Ambientar la celda del espectrofotómetro con la muestra de agua y descartar. Luego llenar la celda y realizar la lectura.
- Si se obtienen valores demasiado altos hacer las diluciones necesarias para medir la lectura.

#### **4.8 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES DISUELTOS. (4)**

- Colocar la muestra en un beaker de 150 mL.
- Introducir el electrodo del conductivímetro previamente lavado.
- Leer el valor que aparece en la pantalla del equipo.

#### **4.9 DETERMINACIÓN DE SÓLIDOS TOTALES. (4)**

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

$$\text{Sólidos totales} = \text{Sólidos sedimentables} + \text{Sólidos disueltos}$$

#### **4.10 DETERMINACIÓN DE TURBIDEZ. (4)**

- Colocar agua destilada en una celda del espectrofotómetro DR-200 y seleccionar el método 750.
- Colocar la longitud de onda de 455nm.
- Colocar la segunda celda con el agua a analizar y leer. Si la lectura da un valor menor de 5 NTU respecto a la razón del color y turbidez realizar diluciones hasta que la relación sea mayor de 5 NTU

#### **4.11 DETERMINACIÓN DE COLOR. (4)**

- Colocar una celda con agua destilada en el espectrofotómetro DR-200 y seleccionar el método 120.
- Colocar la longitud de onda de 450nm.
- Colocar otra celda con el agua a analizar y hacer la lectura. Debe existir una relación mayor de 5 NTU con respecto a la turbidez.

**4.12 DETERMINACIÓN DE LA CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA. (4)**

- Colocar en un beaker 150 mL de muestra y colocarle un agitador magnetico.
- Colocar la muestra a analizar en el aparato de conductivimetro y colocarle el electrodo, agitando la muestra, hacer la lectura y anotarla.

**4.13 DETERMINACIÓN DE pH. (4)**

- Colocar en un beaker 100 mL de la muestra previamente homogenizada, colocar un agitador magnetico.
- Introducir el electrodo del aparato (pH wtw, inolab) dentro de la muestra.
- Leer el valor que aparece en la pantalla del equipo y anotarlo.

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS**

## **5.0 RESULTADOS.**

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos, en la investigación del grado de contaminación que la Quebrada “El Níspero” aporta al Río San Antonio. La contaminación se determinó por medio de parámetros físicos y químicos biológicos encontrándose que la carga de contaminación aportada por la quebrada al río es considerable.

En las siguientes páginas se encuentran una serie de cuadros y gráficas que muestran los valores promedios de cada parámetro analizado obtenido en cada uno de los tres puntos de muestreo.

Los valores de cada parámetro en cada uno de los puntos de muestreo son comparados con los valores máximos permisibles en la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 que actualmente esta en revisión. El valor obtenido de la conductividad eléctrica se comparó con el valor del método estándar APHA, por no encontrarse contemplado este parámetro en la mencionada Norma Salvadoreña para Aguas Residuales.

**TABLA 1. VALORES DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO(mg/L)**

<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	27/02/2004	28,21	69,52	77,85
2	04/03/2004	40,83	20,83	30,83
3	05/03/2004	138,60	79,61	113,85
4	11/03/2004	83,97	37,71	39,77
5	12/03/2004	71,36	38,95	59,72
6	18/03/2004	12,02	15,00	17,22
7	19/03/2004	82,14	62,85	51,54
8	26/03/2004	50,11	22,53	38,80
	<b>PROMEDIO</b>	63,40	43,37	53,69

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NÍSPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RÍO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNIÓN DE LA QUEBRADA CON EL RÍO**

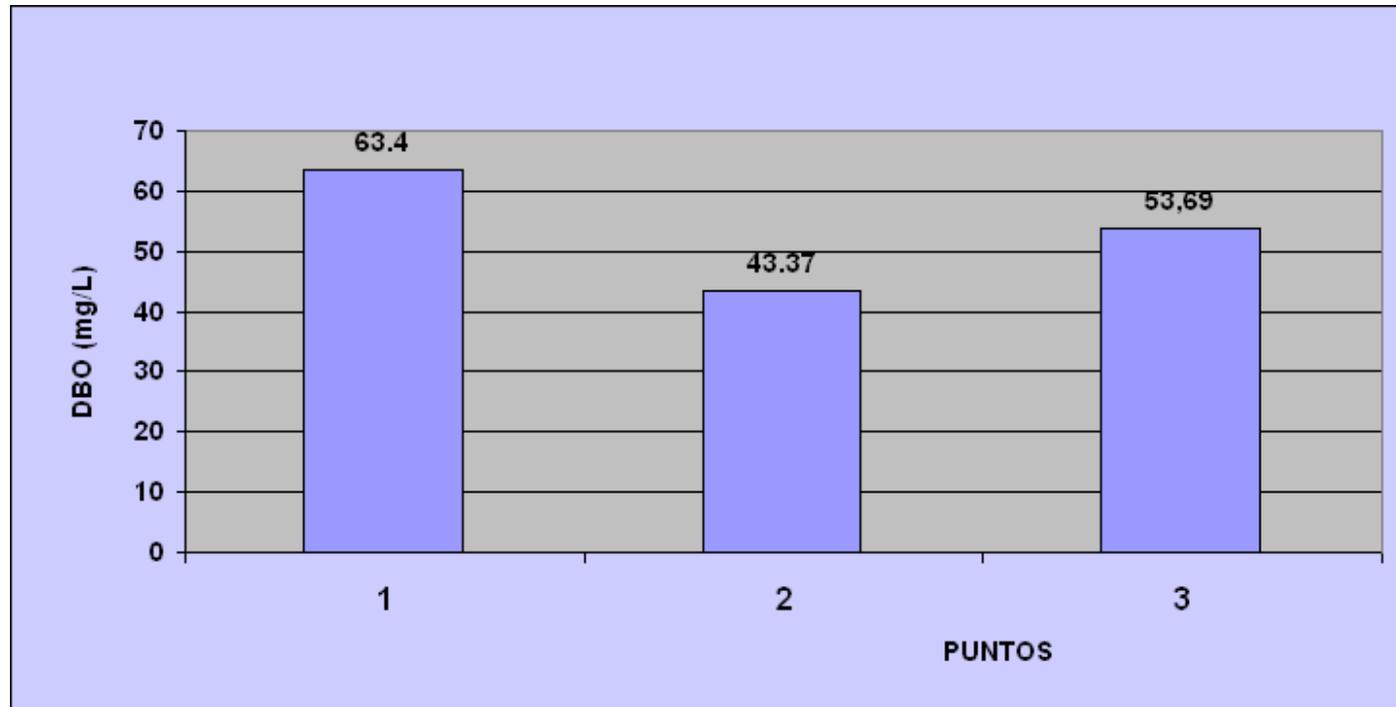


FIGURA 1. PROMEDIO DE LA DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO (mg/L) POR PUNTO DE MUESTREO.

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNIÓN DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 2. VALORES DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO(mg/L).**

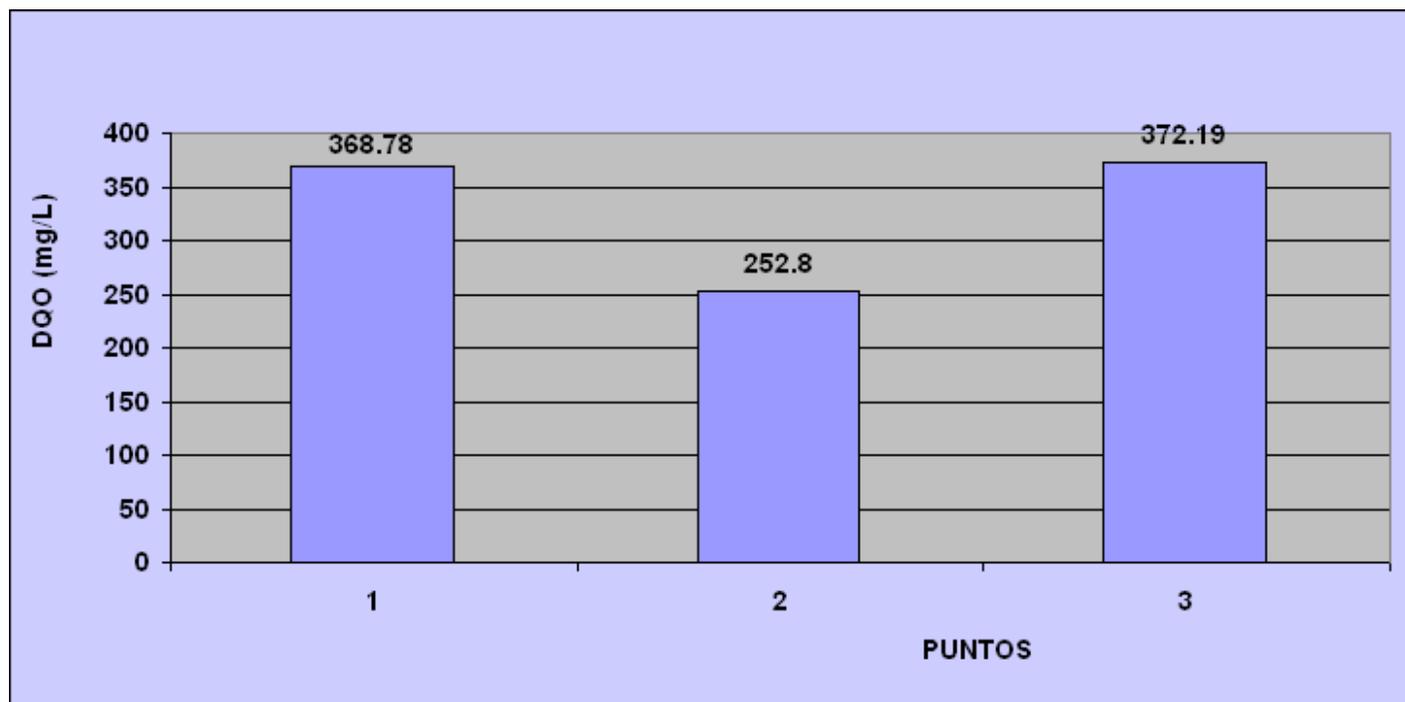
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(mg/L)</b>	<b>2(mg/L)</b>	<b>3(mg/L)</b>
1	27/02/2004	428,26	259,10	300,26
2	04/03/2004	387,20	250,40	347,20
3	05/03/2004	387,20	379,20	371,20
4	11/03/2004	371,25	203,20	491,20
5	12/03/2004	339,20	204,00	423,20
6	18/03/2004	293,28	304,92	324,72
7	19/03/2004	419,20	263,20	2383,20
8	26/03/2004	324,72	158,40	336,60
	<b>PROMEDIO</b>	368,78	252,80	372,19

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3:UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 2. PROMEDIO DE LA DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (mg/L) POR PUNTO DE MUESTREO**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 3. VALORES DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ( $\mu\text{s/cm}$ )**

<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(<math>\mu\text{s/cm}</math>)</b>	<b>2(<math>\mu\text{s/cm}</math>)</b>	<b>3(<math>\mu\text{s/cm}</math>)</b>
1	27/02/2004	914,00	899,00	897,00
2	04/03/2004	771,00	721,00	732,00
3	05/03/2004	741,00	721,00	755,00
4	11/03/2004	758,00	723,00	751,00
5	12/03/2004	806,00	804,00	794,00
6	18/03/2004	906,00	881,00	905,00
7	19/03/2004	767,00	737,00	754,00
8	26/03/2004	744,00	693,00	718,00
	<b>PROMEDIO</b>	800,87	772,37	788,25

**PUNTOS:****PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO****PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO****PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

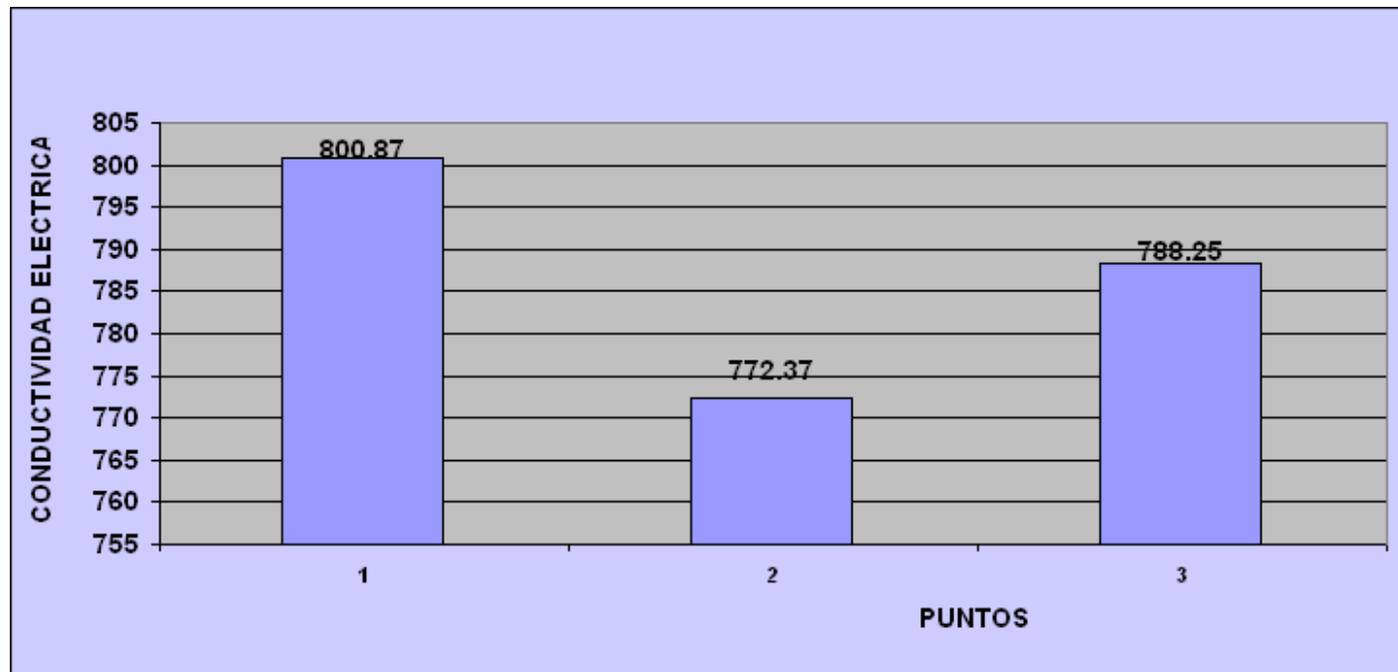


FIGURA 3. PROMEDIO DE LA CONDUCTIVIDAD ELECTRICA ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) POR PUNTO DE MUESTREO.

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 4. VALORES DE LA TURBIDEZ (NTU).**

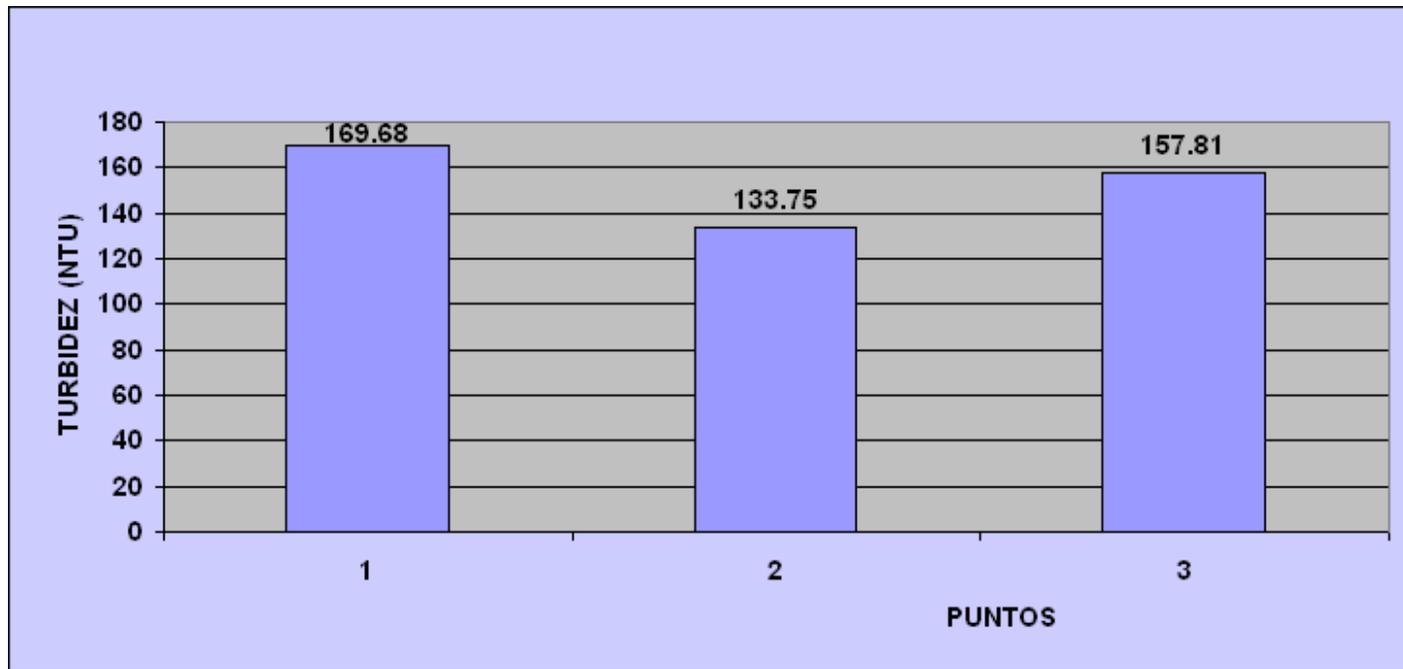
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(NTU)</b>	<b>2(NTU)</b>	<b>3(NTU)</b>
1	27/02/2004	167,50	120,00	130,00
2	04/03/2004	187,50	97,50	152,50
3	05/03/2004	160,00	162,50	170,00
4	11/03/2004	180,00	130,00	155,00
5	12/03/2004	147,50	137,50	145,00
6	18/03/2004	165,00	152,50	155,00
7	19/03/2004	140,00	180,00	210,00
8	26/03/2004	210,00	90,00	145,00
	<b>PROMEDIO</b>	169,68	133,75	157,81

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 4. PROMEDIO DE LA TURBIDEZ (NTU) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 5. VALORES DE SÓLIDOS TOTALES (mg/L)**

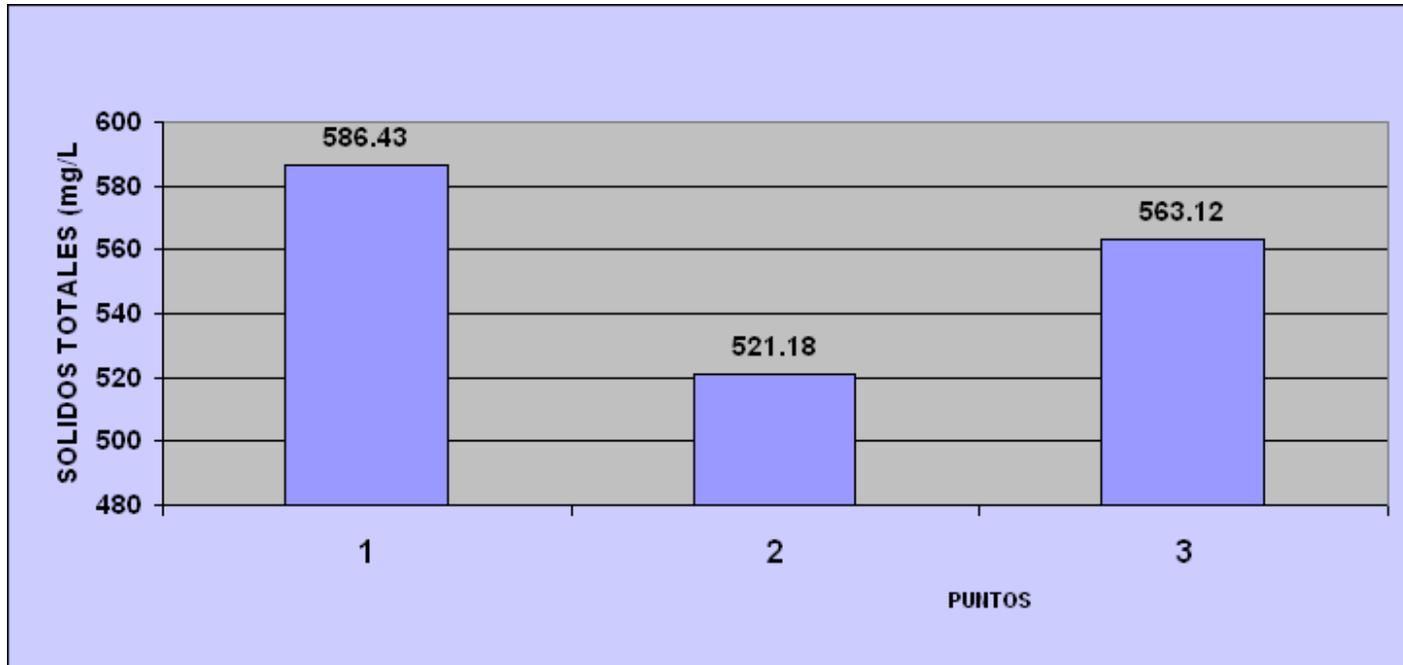
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(mg/L)</b>	<b>2(mg/L)</b>	<b>3(mg/L)</b>
1	27/02/2004	629,50	554,50	573,50
2	04/03/2004	610,50	453,00	526,00
3	05/03/2004	558,00	525,50	555,00
4	11/03/2004	566,50	494,00	533,00
5	12/03/2004	551,00	542,00	527,00
6	18/03/2004	624,00	603,00	629,50
7	19/03/2004	524,00	572,00	645,50
8	26/03/2004	628,00	425,50	515,50
	<b>PROMEDIO</b>	<b>566,43</b>	<b>521,18</b>	<b>563,12</b>

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 5. PROMEDIO DE SÓLIDOS TOTALES (mg/L) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 6. VALORES DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L)**

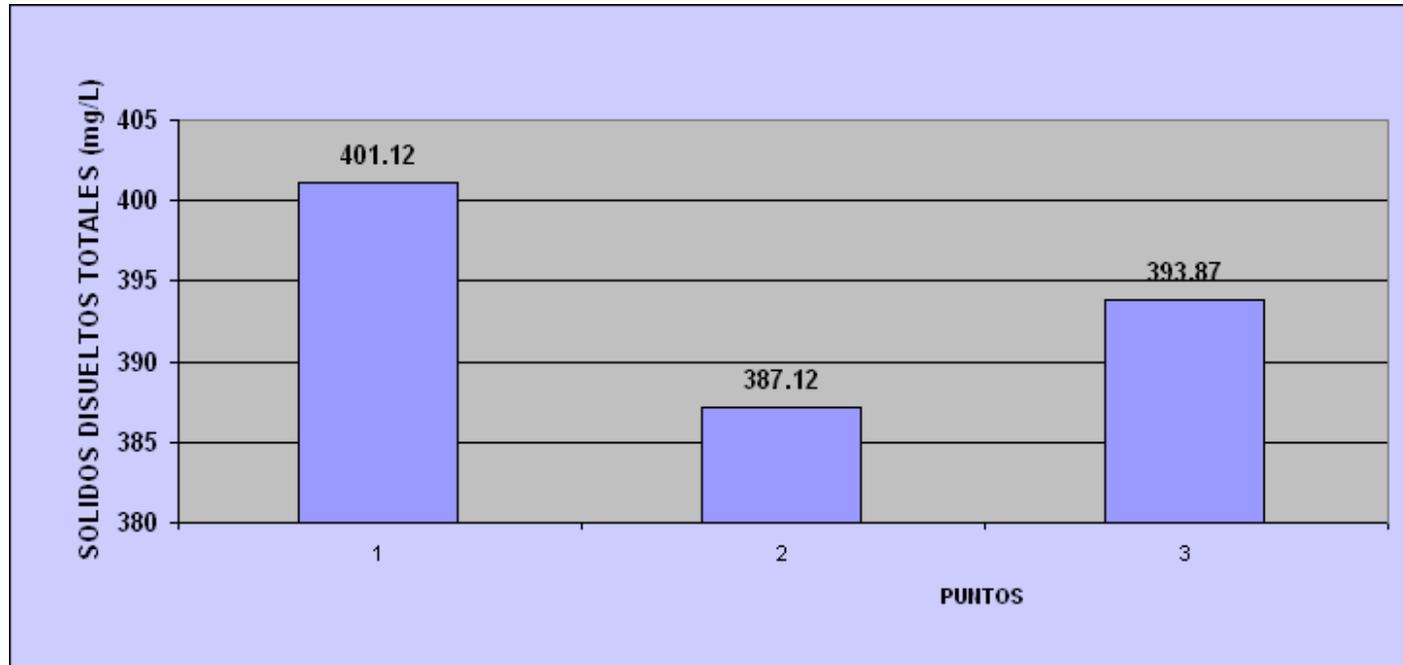
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(mg/L)</b>	<b>2(mg/L)</b>	<b>3(mg/L)</b>
1	27/02/2004	457,00	449,50	448,50
2	04/03/2004	385,50	360,50	366,00
3	05/03/2004	370,50	360,50	376,00
4	11/03/2004	379,00	361,50	375,50
5	12/03/2004	406,00	402,00	397,00
6	18/03/2004	459,00	443,00	452,00
7	19/03/2004	384,00	372,00	378,00
8	26/03/2004	368,00	348,00	358,00
	<b>PROMEDIO</b>	401,12	387,12	393,87

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3:UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 6. PROMEDIO DE SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES (mg/L) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 7. VALORES DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS ( mg/L)**

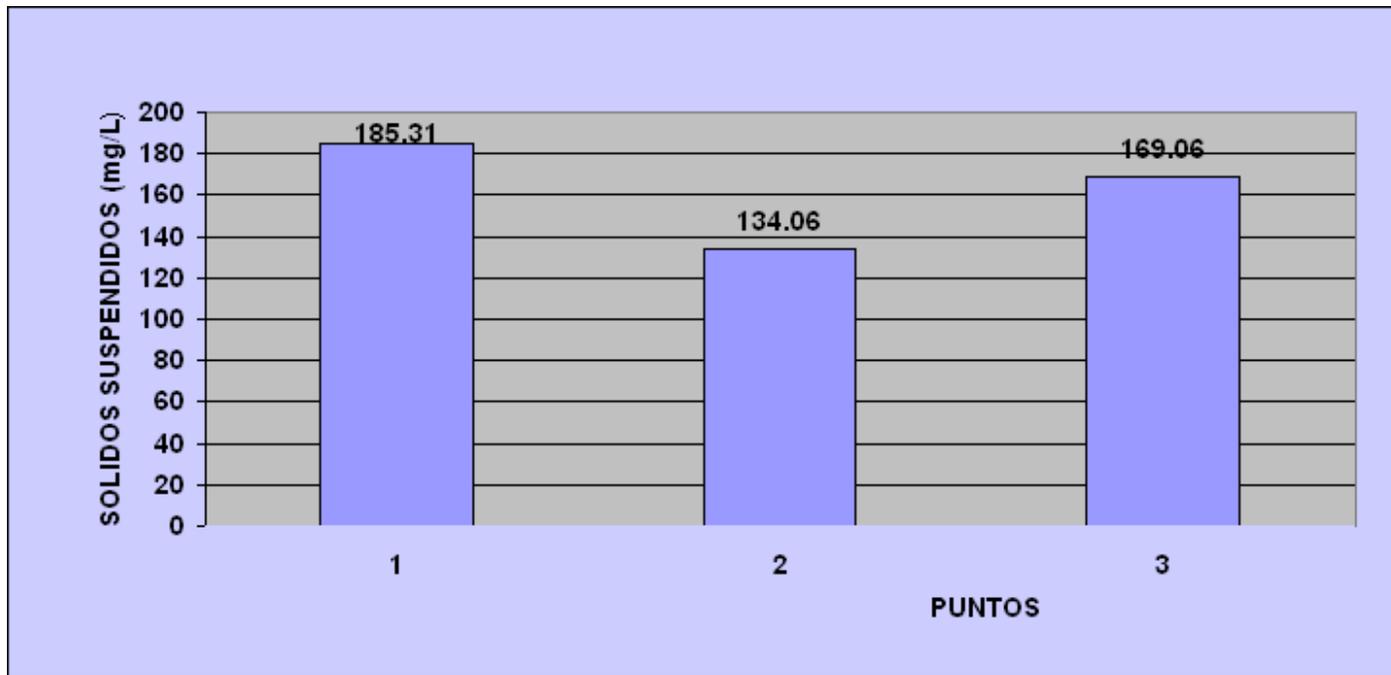
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(mg/L)</b>	<b>2(mg/L)</b>	<b>3(mg/L)</b>
1	27/02/2004	172,50	105,00	125,00
2	04/03/2004	225,00	92,50	160,00
3	05/03/2004	187,50	165,00	177,50
4	11/03/2004	187,50	132,50	157,50
5	12/03/2004	145,00	140,00	130,00
6	18/03/2004	165,00	160,00	177,50
7	19/03/2004	140,00	200,00	267,50
8	26/03/2004	260,00	77,50	157,50
	<b>PROMEDIO</b>	185,31	134,06	169,06

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 7. PROMEDIO DE SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**1: PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**2: PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**3: PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 8. VALORES DE COLOR (pt-CO)**

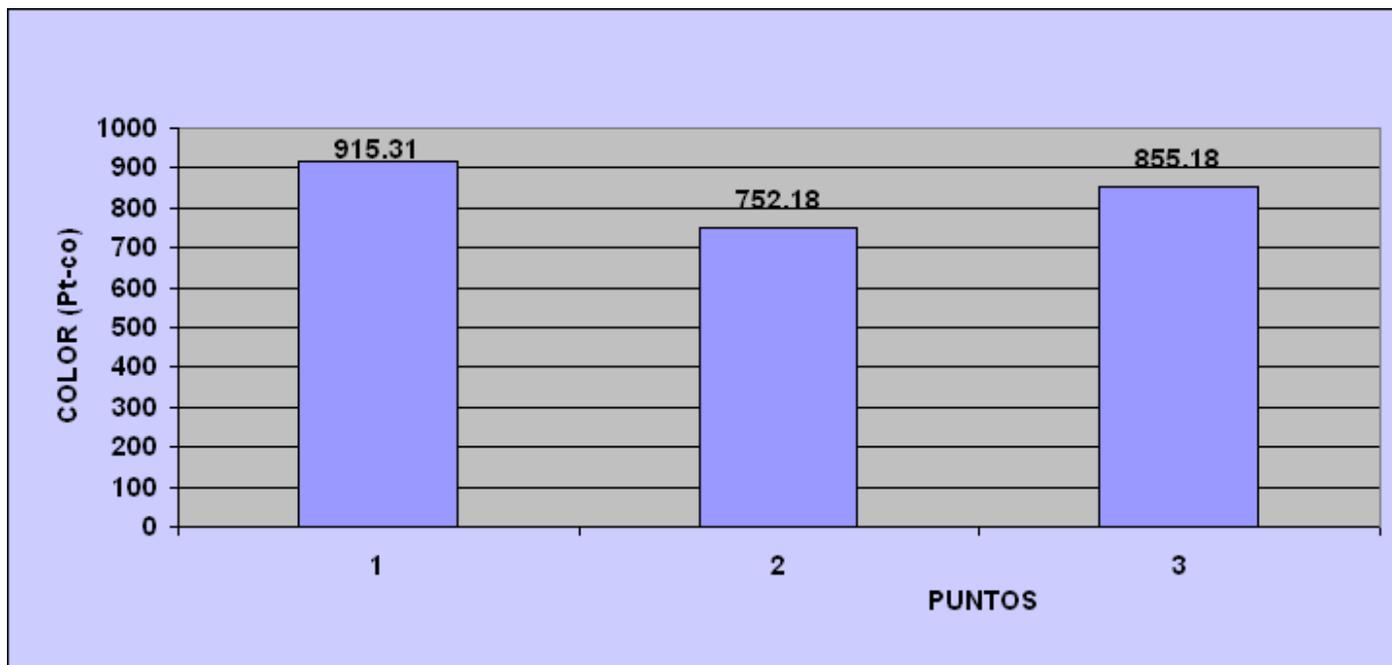
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(pt-co)</b>	<b>2(pt-co)</b>	<b>3(pt-co)</b>
1	27/02/2004	952,50	685,00	750,00
2	04/03/2004	1030,00	537,50	822,50
3	05/03/2004	867,50	870,00	876,50
4	11/03/2004	917,50	737,50	782,50
5	12/03/2004	780,00	765,00	767,50
6	18/03/2004	860,00	905,00	872,50
7	19/03/2004	785,00	1030,00	1202,50
8	26/03/2004	1130,00	487,50	767,50
	<b>PROMEDIO</b>	915,31	752,18	855,18

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 8. PROMEDIO DEL COLOR (Pt-co) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**TABLA 9. VALORES DE SOLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L)**

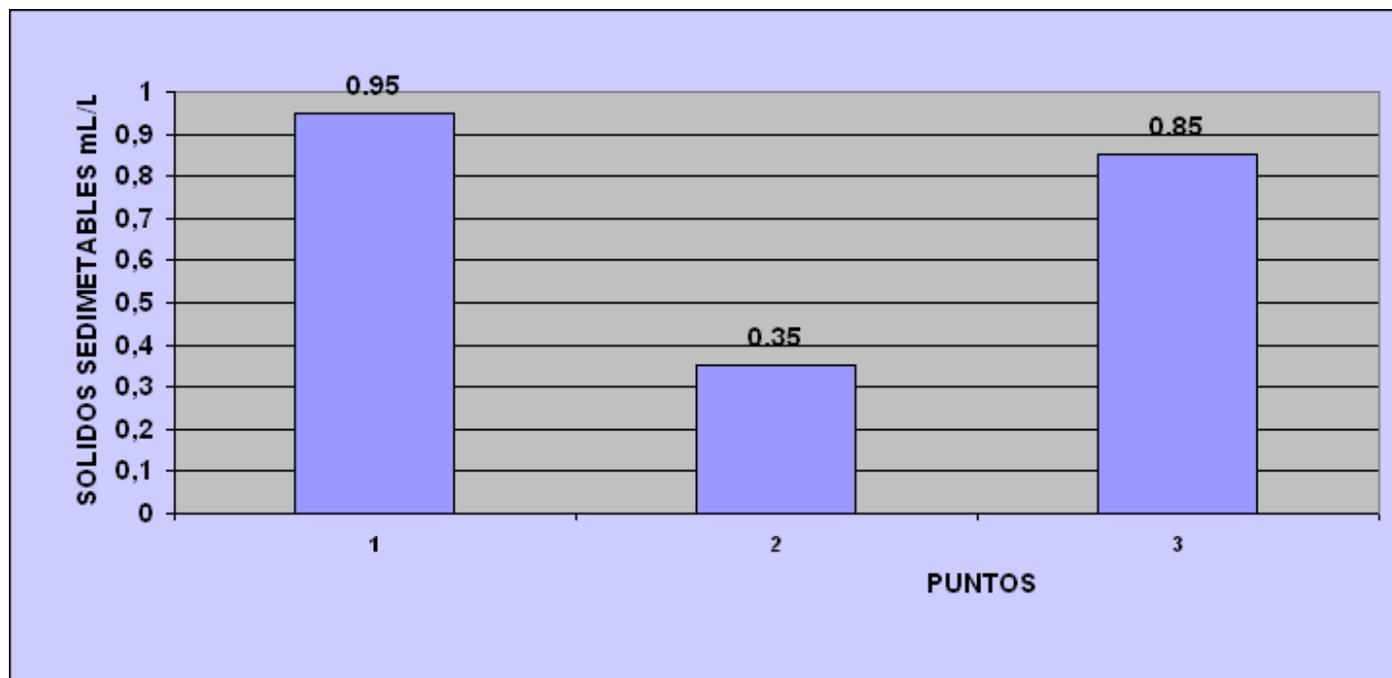
<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1(mL/L)</b>	<b>2(mL/L)</b>	<b>3(mL/L)</b>
1	27/02/2004	0,60	0,10	0,10
2	04/03/2004	1,00	0,10	0,50
3	05/03/2004	0,30	0,10	0,50
4	11/03/2004	0,60	0,10	0,50
5	12/03/2004	0,20	0,10	0,10
6	18/03/2004	0,70	0,40	0,40
7	19/03/2004	2,50	1,80	4,00
8	26/03/2004	1,70	0,10	0,70
	<b>PROMEDIO</b>	0,95	0,35	0,85

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 9. PROMEDIO DE SÓLIDOS SEDIMENTABLES (mL/L) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

TABLA 10. VALORES DE pH

<b>Muestra</b>	<b>Fecha</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
1	27/02/2004	7,00	7,00	7,00
2	04/03/2004	7,00	7,00	7,00
3	05/03/2004	7,00	7,00	7,00
4	11/03/2004	8,00	8,00	8,00
5	12/03/2004	8,00	7,00	8,00
6	18/03/2004	7,00	8,00	7,00
7	19/03/2004	7,00	7,00	7,00
8	26/03/2004	8,00	7,00	7,00
	<b>PROMEDIO</b>	7,37	7,25	7,25

**PUNTOS:****PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO****PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO****PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

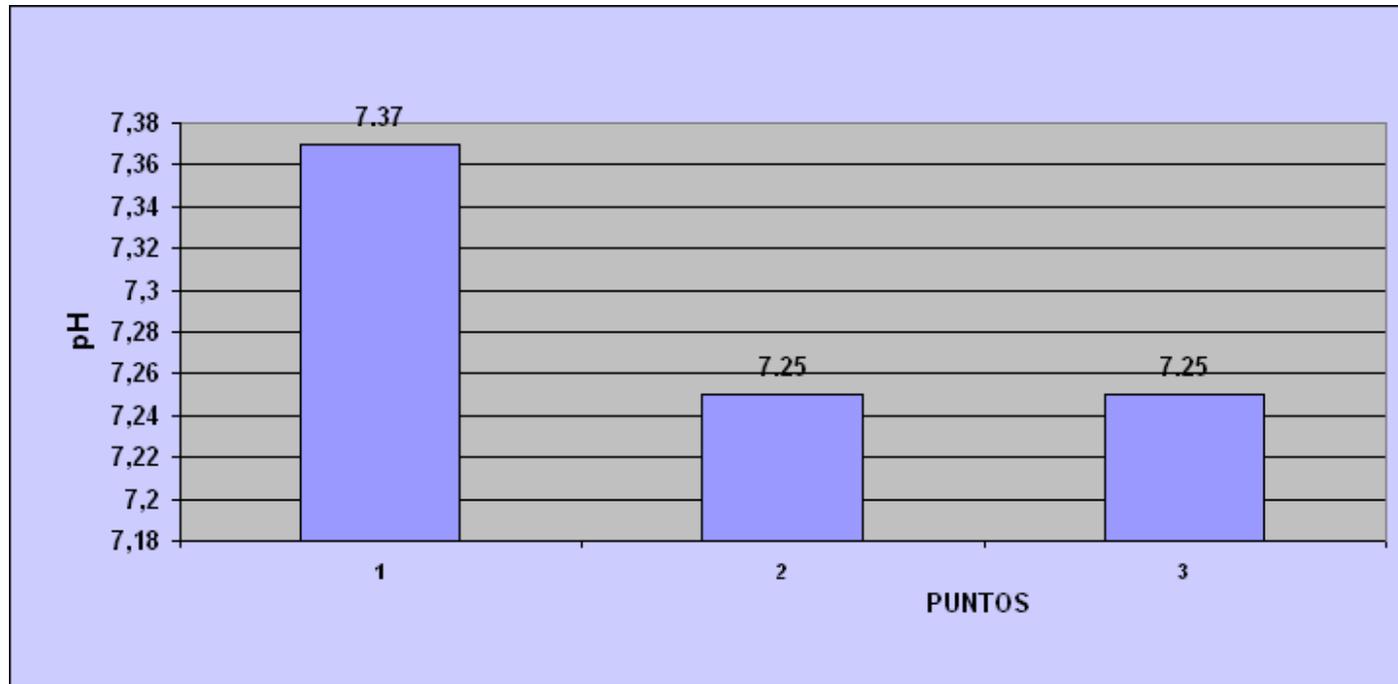


FIGURA 10. PROMEDIO DE pH POR PUNTO DE MUESTREO.

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

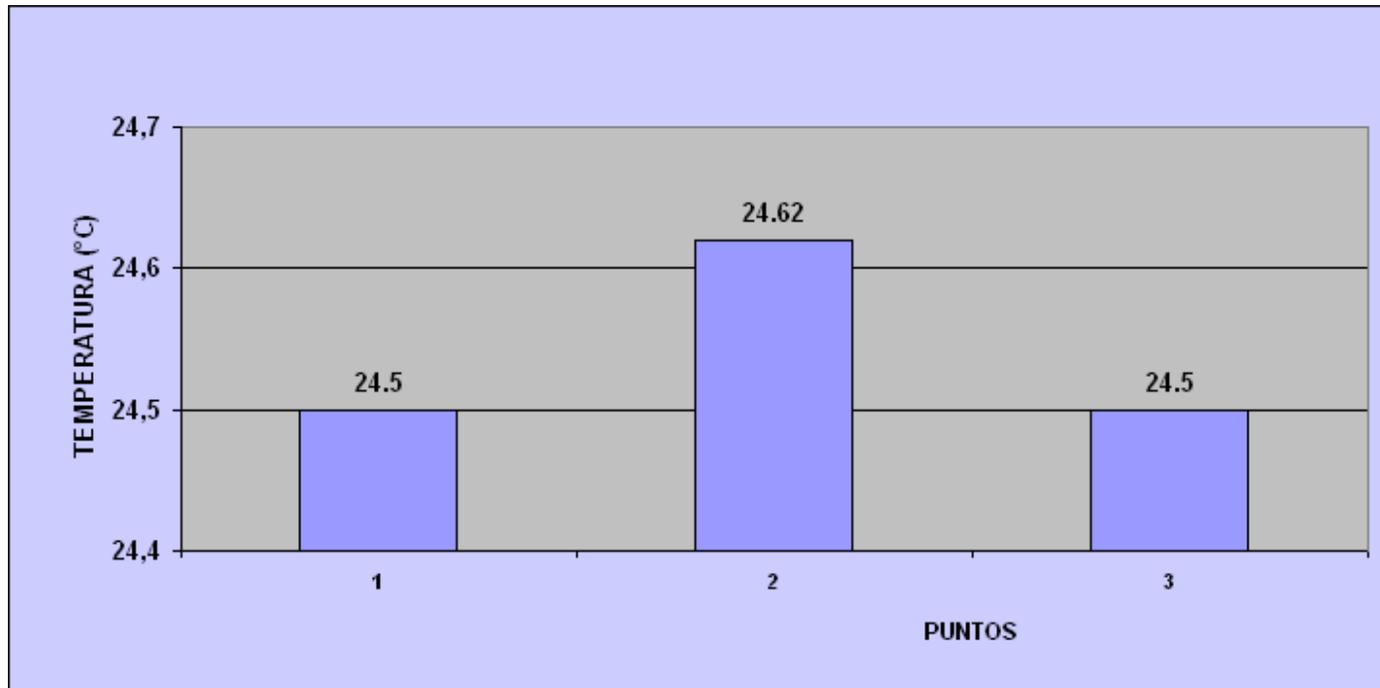
**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

TABLA 11. VALORES DE TEMPERATURA (°C)

Muestra	Fecha	1(°C)	2(°C)	3(°C)
1	27/02/2004	25,00	25,00	25,00
2	04/03/2004	25,00	25,00	25,00
3	05/03/2004	24,00	24,00	24,00
4	11/03/2004	25,00	25,00	25,00
5	12/03/2004	24,00	24,00	24,00
6	18/03/2004	25,00	25,00	25,00
7	19/03/2004	24,00	25,00	24,00
8	26/03/2004	24,00	24,00	24,00
	<b>PROMEDIO</b>	24,50	24,62	24,50

**PUNTOS:****PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO****PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO****PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**



**FIGURA 11. PROMEDIO DE LA TEMPERATURA (°C) POR PUNTO DE MUESTREO.**

**PUNTOS:**

**PUNTO DE MUESTREO 1: QUEBRADA EL NISPERO**

**PUNTO DE MUESTREO 2: RIO SAN ANTONIO**

**PUNTO DE MUESTREO 3: UNION DE LA QUEBRADA CON EL RIO**

**Tabla 12. Resultados obtenidos comparados con los límites permisibles de la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01.**

PARAMETROS	VALORES OBTENIDOS.			VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	1	2	3	AGUAS DOMESTICAS	AGUAS INDUSTRIALES
COLOR REAL (pt-co)	915.13	752.18	855.18	200	-
pH ( Unidades)	7.37	7.25	7.25	5.5-9.0	-
SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L)	0.95	0.35	0.85	1	-
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	185.37	134.06	169.06	60	100
TEMPERATURA (°C)	24.50	24.62	24.50	24.0±1	-
TURBIDEZ (NTU)	169.68	133.75	157.81	100	-
DBO <sub>5</sub> a 20°C ( mg/L)	63.40	43.37	53.69	30	200
DQO ( mg/L)	368.78	252.8	372.19	60	600

Este parámetro se comparo con la APHA

CONDUCTIVIDAD ELECTRICA(μs/cm) <sup>(3)</sup>	800.87	772.37	788.25	50-1500	10,000
---	--------	--------	--------	---------	--------

**CAPÍTULO VI**  
**ANÁLISIS DE RESULTADOS**

## **6.0 ANÁLISIS DE RESULTADOS.**

### **6.1 DEMANDA BIOLÓGICA DE OXÍGENO.**

Esta prueba es una de las más importantes de las actividades de control de contaminación de corrientes donde la carga orgánica, debe ser restringida para mantener los niveles de oxígeno disuelto debido a que esta prueba mide el oxígeno consumido por las bacterias.

Todas las muestras que se analizaron sobrepasan el límite máximo permisible para la Demanda Biológica de Oxígeno para aguas residuales según la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 (en revisión).

### **6.2 DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO**

La Demanda Química de Oxígeno es más alta que la Demanda Biológica de Oxígeno ya que hay mucha materia orgánica que puede ser oxidada más fácilmente por agentes químicos que por microorganismos, debido a que no toda la materia orgánica es nutritiva para las bacterias.

Los valores determinados de Demanda Química de Oxígeno sobrepasan los límites de la Norma Salvadoreña de Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 (en revisión).

### **6.3 COLOR**

Los valores determinados de color sobrepasan los valores permisibles para aguas domésticas.

Esto se debe a la presencia de materias orgánicas de los suelos y a las acumulaciones de aguas domésticas y desechos sólidos.

### **6.4 TURBIDEZ**

Los valores obtenidos sobrepasan los valores para aguas domésticas según la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 (en revisión). Se debe a la presencia de sólidos sedimentables, partículas que se encuentran en suspensión inducidos por la basura y desechos en el agua.

### **6.5 CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA.**

Los valores determinados en las muestras analizadas se encuentran en el rango permisible para aguas residuales, por el método estándar (APHA) determinándose que esta agua tiene cierta capacidad para transportar la electricidad.

### **6.6 POTENCIAL DE HIDRÓGENO (pH)**

Los valores obtenidos están dentro de los valores permisibles para aguas domésticas, los cuales indican cierta alcalinidad, debida a materiales como carbonatos e hidróxidos contenidos en las aguas domésticas vertidas tanto al río San Antonio como a la Quebrada El Níspero.

### **6.7 SÓLIDOS SEDIMENTABLES.**

Los valores obtenidos se encuentran dentro de los valores permisibles de la Norma Salvadoreña para Aguas Residuales NSO 13.07.03:01 (en revisión).

### **6.8 SÓLIDOS SUSPENDIDOS.**

Los valores obtenidos sobrepasan los límites permisibles para aguas domésticas e industriales por lo que se determinó que existe alta carga de contaminación tanto en la Quebrada El Nispero y en el Río San Antonio.

**CAPÍTULO VII**  
**CONCLUSIONES**

## 7.0 CONCLUSIONES.

1. El grado de contaminación de la Quebrada El Níspero es considerablemente alto ya que la mayoría de los parámetros Físicos y Químicos analizados sobrepasan los límites permisibles por la Norma Salvadoreña NSO 13.07.03:01 (en revisión).
2. Comparando los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo analizados se puede afirmar que el grado de contaminación de las aguas de la Quebrada El Níspero es el más alto, siendo algunas de sus principales fuentes de contaminación las descargas provenientes de las industrias artesanales, los desechos sólidos y los residuos de basura que se acumulan en todo el trayecto de la quebrada.
3. La variación observada en las muestras 7 y 8 en el parámetro de sólidos sedimentables es debida a trabajos de remoción de residuos realizados por la Alcaldía de Mejicanos en los tres puntos de muestreo de recolección de las muestras.
4. El control de la temperatura durante el transporte de las muestras al laboratorio es importante para evitar el desarrollo microbiano, evitando el consumo de oxígeno por las bacterias y así proporcionando un resultado confiable de la Demanda Biológica de oxígeno.

5. El mal olor que generan las aguas de la Quebrada El Níspero es debido a la descomposición microbiana de la materia orgánica que las aguas de las industrias artesanales y las aguas domésticas aportan a la Quebrada.
  
6. Las aguas de la Quebrada El Níspero constituyen un foco de contaminación para los habitantes de las colonias que se encuentran a lo largo de su recorrido.

**CAPÍTULO VIII**  
**RECOMENDACIONES**

## 8.0 RECOMENDACIONES.

1. Transportar las muestras a analizar en el laboratorio a una temperatura de 4°C para inhibir el crecimiento bacteriano y obtener un resultado confiable de la Demanda Biológica de Oxígeno.
2. Utilizar los resultados de esta investigación como soporte técnico tanto por las autoridades Municipales de Mejicanos, como por instituciones gubernamentales y no gubernamentales relacionadas con el medio ambiente para concientizar a la población de la necesidad de proteger y evitar un mayor deterioro de los recursos hídricos.
3. La Alcaldía Municipal de Mejicanos desarrolle un programa pro-rescate de la Quebrada para disminuir al máximo la contaminación que esta aporta al Río San Antonio, favoreciendo así la eliminación del foco de contaminación que la Quebrada representa para las comunidades residentes a su alrededor.
4. Que las instituciones gubernamentales integradas en grupos multidisciplinarios desarrollen proyectos de educación ambiental, protección y concientización para el rescate de recursos hídricos que involucre participación de grupos poblacionales residentes en las cercanías de lagos, ríos y quebradas contaminadas.

5. La Alcaldía Municipal de Mejicanos e instituciones relacionadas con la protección del Medio Ambiente deben iniciar a la mayor brevedad posible un programa de inspección, para verificar la efectividad del tratamiento de aguas residuales que realizan las industrias antes de verterlas en los ríos y quebradas.
  
6. Que las instituciones relacionadas con la protección del medio ambiente hagan cumplir las leyes y reglamentos existentes para el vertido de aguas residuales en un cuerpo receptor, y así favorecer la protección de lagos, ríos, pozos etc.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

1. Alegría, A, 2001, Contaminación provocada por la Industria Carnica en la Quebrada “El Níspero” afluente del Río San Antonio en el Municipio de Mejicanos, San salvador, El Salvador C.A, Facultad de Química y Farmacia.
2. Turk, A, 1973, Ecología-contaminación Medio Ambiente, 1ª edición, editorial Interamericana.
3. APHA. AWWA-WPCF, 1992, Métodos Normalizados para el análisis de aguas potables y residuales, 17ª edición.
4. Caballero, P, 1995, Métodos Estándar para el examen de aguas y aguas de desecho. Traducción de la edición original Standard methods for the examination of water and wastewater.
5. García, O, 2001, Estudio de la contaminación del Rio San Antonio, en Nejapa, mediante análisis físico químico y microbiológico, San salvador, El Salvador C.A. Facultad de Química y Farmacia.

6. Tchobanoglous, G, 1996, Ingeniería de aguas residuales, redes de alcantarillado y bombeo. México, tomo III.
7. Tchobanoglous G, 1991, Manual de disposición de aguas residuales, origen, descarga, tratamiento y análisis de las aguas residuales, Lima, tomo II.
8. Thobanoglous, G, 1996, Ingeniería de aguas residuales, tratamiento, vertido y reutilización, México tomo 2(tercera edición).
9. CONACYT (Consejo Nacional de Ciencia y tecnología), Norma Salvadoreña NSO 13.07.03:01, NSR ISO/IEC 17025:1999, requisitos generales para la competencia de laboratorios de pruebas y calibración.
10. Alcaldía Municipal de Mejicanos, Sección de catastro, 2003, información general sobre el recorrido de la Quebrada El Níspero.
11. ANDA (Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados), sección de análisis de aguas residuales.
12. EURACHEM, 1998, La Idoneidad de los Métodos Analíticos, una guía de laboratorio para validación de métodos y temas conexos, 1edición en ingles.

13. <http://www.aguamarket.com/temasinters/0.29.asp>

Centro de negocios para la industria del agua en Latinoamérica y entrega de información gratuita sobre el agua a los usuarios, se provee equipos y servicios para suplir necesidades de manejo y tratamiento del agua potable y residual.

14. <http://www.netsalud.sa.cr/ms/decretosborrad2.htm./costarica>

Ejerce la rectoría sobre la calidad y seguridad de los productos que inciden en la salud de la población, mediante las funciones estratégicas de regulación, vigilancia dirección-conducción e investigación y la participación de los actores sociales bajo los valores y actitudes definidos para la dirección.

15. <http://alipso.com/monografias/contaminaciondel agua/>

Información de material didáctico de monografías y apuntes de materiales.

## **GLOSARIO. (2)**

**Agua residual:** agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales.

**Compuestos organicos:** compuestos con enlaces covalentes que contienen carbono.

**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.

**Organoclorados:** sustancias químicas orgánicas cuyas moléculas contienen cloro y poseen una alta toxicidad para los insectos.

**Organofosforados:** compuestos orgánicos cuyas moléculas contienen fósforo y oxígeno, con una acción tóxica más o menos selectiva.

**Oncocercosis:** Infección parasitaria producida por una filaria (gusano), que produce daños en la piel y graves alteraciones en los ojos hasta llegar a la ceguera.

**Parámetro:** característica que puede ser sometida a medición.

**Tensoactivos:** sustancias químicas que reducen la tensión superficial del agua

## **ANEXOS**

**ANEXO 1**

**LISTADO DE REACTIVOS, MATERIALES Y EQUIPOS**

## **1.1 DETERMINACIÓN DE DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO.**

### **1.1.1 REACTIVOS.**

- Solución de sulfato de manganeso.
- Alkali yoduro azida.
- Tíosulfato de sodio 0.025N\*.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Solución de almidón\*.
- Agua de dilución preparada con los fosfatos.
- Solución reguladora de fosfato.
- Solución de cloruro de calcio.
- Solución de sulfato de manganeso.
- Solución de cloruro ferrico.

Ver anexo 2 preparación de reactivos

\* Reactivos que se prepararon en el laboratorio

### **1.1.2 MATERIALES Y EQUIPO**

- Frascos de incubación con capacidad de 250 mL, de forma cilíndrica, con tapón esmerilado.
- Estufa de aire caliente, con termostato para mantener la temperatura constante a 20°C.
- Bureta de vidrio de 25 mL.
- Agitador magnético.

- Beaker de vidrio de 100 mL
- Beaker de vidrio de 250 mL
- Erlenmeyer de 250mL.
- Agitador de vidrio.
- Probeta de 250mL.
- Pizeta.
- Descarte.
- Teflón.
- Soporte de bureta.
- Pipetas.
- Perillas

## **1.2 DETERMINACION DE DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO**

### **1.2.1 REACTIVOS**

- Solución Digestión de Dicromato de potasio.
- Ácido sulfúrico concentrado.
- Ferroina comercial\*.

\* Reactivos preparados en el laboratorio

### **1.2.2 MATERIALES Y EQUIPO.**

- Soporte.
- Perilla.
  
- Tubos con tapón de rosca.
- Dispensador de 10 y 5 mL.
- Espátula.
- Vidrio reloj.
- Pizetas.
- Pipetas mohr de 5.00, 10.00mL.
- Frascos plásticos.
- Agitador de vidrio.
- Reactor de COD.
- Balanza analítica.
- Agitador Magnético.
- Gradilla.
- Embudo cuello corto.

### **1.3 SÓLIDOS SEDIMENTABLES.**

#### **1.3.1 MATERIALES Y EQUIPO.**

- Conos de 1 litro de capacidad.
- Frascos de 5 litros.
- Agitador de vidrio.
- Gradilla
- Cronometro.
- Cámara de extracción.

### **1.4 SÓLIDOS SUSPENDIDOS.**

#### **1.4.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Celdas de vidrio con capacidad de 25.00 mL
- Espectrofotómetro.
- Beaker 250 mL.
- Pipetas de 1, 2,5, mL.
- Pizetas.
- Balón Volumétrico.
- Papel toalla.

### **1.5 SÓLIDOS DISUELTOS TOTALES.**

#### **1.5.1 MATERIALES Y EQUIPOS**

- Beaker 150 mL.
- Agitador magnético.
- Conductivimetro.
- Pizetas.
- Agitador magnético.

## **1.6 pH**

### **1.6.1 MATERIALES Y EQUIPO.**

- Beaker 100 mL.
- Agitador magnetico.
- pH metro.
- Pizeta.

## **1.7 COLOR.**

### **1.7.1 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Beaker de 100 mL.
- Pizeta.
- Espectrofotómetro DR-2000.
- Celdas de vidrio.

## **1.8 TURBIDEZ.**

### **1.8.1 MATERIALES Y EQUIPOS.**

- Beaker de 100 mL.
- Pizeta.
- Espectrofotómetro DR-2000.
- Celdas de vidrio

## **ANEXO 2**

### **PREPARACIÓN DE REACTIVOS.**

#### **SOLUCIÓN AMORTIGUADORA DE FOSFATO (4).**

Se disuelven 8.5g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21.75 g de  $\text{K}_2\text{HPO}_4$ , 33.4g de  $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ , 1.7g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  en unos 500ml de agua destilada, diluir a 1 litro. El pH de esta solución amortiguadora debe ser de 7.2 sin ajuste alguno. Si el agua de dilución se mantiene en el incubador, la solución amortiguadora se agrega justamente antes de usar el agua de dilución.

#### **SOLUCIÓN DE CLORURO DE CALCIO (4).**

Disolver 27.5g de  $\text{CaCl}_2$  anhidro, en agua destilada y diluir a 1 litro.

#### **SOLUCIÓN DE CLORURO FERRICO (4).**

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

#### **SOLUCIÓN DE SULFATO DE MANGANOSO (4).**

Disolver 480 g de  $\text{MnSO}_4 \cdot 4 \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada. Filtrar y diluir a 1 litro. La solución  $\text{MnSO}_4$  no debe dar color con almidón cuando se añade a una solución acidificada de yoduro de potasio.

#### **AGUA DESTILADA QUE CUMPLA LAS SIGUIENTES CARACTERÍSTICAS:**

-Conductividad  $5 \mu\text{s}/\text{cm}$ , a  $25^\circ\text{C}$  como máximo.

-PH de 5-8.

### **ÁCIDO SULFÚRICO 1N** <sup>(4)</sup>.

Agregar lentamente y con agitación 28.00 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado a agua destilada y diluir a un litro.

### **HIDRÓXIDO DE SODIO 1N** <sup>(4)</sup>.

Disolver 40.00 g de NaOH en agua destilada y diluir a un litro.

### **PREPARACIÓN DEL AGUA DE DILUCIÓN** <sup>(4)</sup>.

El agua destilada que se use para este propósito se debe conservar en frascos con tapones de algodón. Por un tiempo suficiente para que se sature con OD. También se puede airear el agua, bien sea agitando un frasco parcialmente lleno o por medio de una corriente de aire comprimido. Se debe utilizar agua destilada de la más alta pureza y a una temperatura tan cercana a 20°C como sea posible.

En un frasco adecuado se vierte el volumen deseado de agua destilada. Se agrega 1 mL de cada una de las soluciones amortiguadoras de fosfato, de sulfato de magnesio, de cloruro de calcio y de cloruro férrico por cada litro de agua.

#### **SOLUCIÓN DE SULFITO DE SODIO. 0.025N (4).**

Disolver 6.205 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada. Añadir 1.5mL de NaOH 6N O 0.4 g de NaOH sólido y diluir a 1 litro estandarizar con solución de biyodato.

#### **VALORACIÓN DE LA SOLUCIÓN DE SULFITO DE SODIO 0.025N (4).**

La solución se valora de acuerdo a la técnica siguiente: en un erlenmeyer de 250 mL. Provisto de un tapón esmerilado, se disuelven aproximadamente 2 g de yoduro de potasio en 150ml de agua destilada y se añaden 1 mL. de ácido sulfúrico 6N y 20mL de biyodato de potasio 0.0021M. Se diluye con agua hasta 200mL y se valora el yodo liberado con la solución de tiosulfato, hasta color amarillo pálido agregando almidón cuando casi todo el yodo ha reaccionado, continuando la titulación hasta desaparición del color azul. Se calcula el factor de la solución.

#### **SOLUCION DE BIYODATO POTASICO (4).**

Disolver 812.4 mg  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$  en agua destilada y diluir a 1 litro.

#### **REACTIVO ÁLCALI – YODURO- AZIDA (4).**

Disolver 500 g de NaOH (700g KOH) y 150g de KI en agua destilada y diluir a un litro, agregar 10 g de  $\text{NaN}_3$  disuelto en 40ml de agua destilada. Este reactivo no debe dar color con la solución de almidón cuando se diluya y acidifique.

**SOLUCIÓN INDICADORA DE ALMIDÓN (4).**

Disolver 2 g de almidón soluble y 0.2 g de ácido salicílico en 100ml de agua destilada caliente, dejar en reposo por una noche y utilizar el sobre nadante.

**SOLUCIÓN ESTÁNDAR DE DIGESTIÓN DE DICROMATO DE POTASIO (4).**

Agregar a 50.00 ml de agua destilada 4.903 g de  $K_2Cr_2O_7$  grado estándar primario Previamente secado a  $150^\circ C$  durante 2 horas, 167 ml de ácido sulfúrico concentrado Y 33.3 g de  $HgSO_4$ . Disolver, enfriar a temperatura ambiente diluir a 1000ml.

**REACTIVO DE ÁCIDO SULFÚRICO (4).**

Disolver 10.18 g de sulfato de plata ( $Ag_2SO_4$ ) en 1000.00ml de ácido sulfúrico concentrado.

**INDICADOR DE FERROINA COMERCIAL (4).**

Pipetear 1 mL de este reactivo en un tubo de ensayo con tapón de rosca y agregar 4.00 ml de agua destilada.

**ESTÁNDAR SULFATO DE AMONIO FERROSO (SAF) 0.10M (4).**

Disolver 39.2 g de  $Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$ , en agua destilada agregar 20.00ml de ácido sulfúrico concentrado enfriar y diluir a 1000.00ml con agua destilada.

## **ANEXO 3**

### **INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPOS**

## INSTRUCCIONES DE OPERACIÓN DE EQUIPOS

### 1.0 Balanza Analítica. (11)

ESPECIFICACIONES:

Marca: Mettler.

Tipo: AE-S

INSTRUCCIONES DE TRABAJO.

#### 1- Nivelación

Los tornillos de nivelación deben ser ajustados de manera que la burbuja este centrada. Hacer esta operación cada vez que la balanza sea cambiada de posición.

#### 2- Encendido

Para encender la balanza oprimir levemente la barra de control.

La pantalla se ilumina por breves segundos y se despliega automáticamente lo siguiente: 0.000

#### 3- Calibración.

- Conectar la balanza 60 minutos. antes de calibrarla. Asegurarse que todas las puertas de la balanza están cerradas.
- Mantener presionada la barra de control hasta que aparezca lo siguiente:0.00⇒ Cal.
- Soltar la barra de control. La pantalla despliega Cal... ⇒Cal 50 se vuelve intermitente.

- Mover la palanca de calibración (ubicado a la derecha) toda hacia atrás.
- Esperar hasta que en la pantalla aparece: 50.000.
- Luego automáticamente se despliega en la pantalla Cal O se vuelve intermitente.
- Mover la palanca de calibración toda hacia delante \_\_\_\_  $\Rightarrow$  0.0000

#### **4- Medición de peso.**

- Abrir la puerta de vidrio.
- Colocar el contenedor sobre el plato de pesar.
- Cerrar la puerta de vidrio.
- Presionar la barra de control Re-Zero.
- La pantalla cambia a cero.
- Abrir la puerta y colocar en el contenedor la sustancia a pesar, cuando haya agregado lo deseado. Cerrar la puerta para hacer una medida exacta.
- Antes de retirar el contenedor oprimir la barra Re-Zero. Retirar el contenedor.
- Oprimir de nuevo Re-Zero.
- Para apagar la balanza levantar la barra de control levemente.

Observación: Tanto la balanza como el área debe quedar limpia.

## **2.0 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN HACH COD REACTOR. (11)**

### **ESPECIFICACIONES.**

P/N: 4-5600-00

S/N: 920500007238

### **INSTRUCCIONES DE TRABAJO.**

- 1) Conectar a 110 voltios el COD reactor.
- 2) Verificar que tiene el reloj en el lugar adecuado.
- 3) Pulsar la tecla 150°C\_\_ADJ y se enciende el botón donde dice Heating y el botón del power.
- 4) Esperar por  $\pm 3$  minutos hasta que alcance la temperatura de 150°C.
- 5) Colocar las celdas con la muestra ya preparada en cada compartimiento del reactor.
- 6) Digerir las muestras por 2 horas a  $150 \pm 3^\circ\text{C}$ .
- 7) Marcar el tiempo de 2 horas con el dial del cronometro.
- 8) Presionar la tecla del timer, este suena automáticamente, cuando las 2 horas de tiempo finalizado.
- 9) Retirar las celdas con las muestras, blancos y muestras control del COD reactor.
- 10) Desconectar el COD reactor.

- 1) Enjuagar escrupulosamente la sonda con agua destilada.
- 2) Sumergir la sonda de medición del pH en la segunda solución tamponada (10.00).
- 3) Presionar la tecla Run-Enter (en la pantalla parpadea la indicación AR y aparece la tensión de la sonda en el momento que el medidor reconoce en valor estable se apaga la indicación AR.
- 4) Después de la calibración del punto doble, en la pantalla aparece el valor de pendiente.
- 5) Presionar la tecla Run Enter (en la pantalla aparecerá el valor de la asimetría (mv).
- 6) Volver al modo de medición: presionar la tecla M. Los resultados obtenidos en la calibración del equipo se deben reportar en la hoja de control respectiva.

#### **4.0 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DEL CONDUCTIVIMETRO 441. (11)**

##### **ESPECIFICACIONES.**

MARCA: CORNING INCORPORATED.

Modelo: 441

##### **INSTRUCCIONES DE TRABAJO.**

##### **CALIBRACIÓN DEL EQUIPO.**

##### **PRIMER PUNTO DE CALIBRACIÓN (CALIBRACIÓN EN EL AIRE)**

- 1- Conectar el equipo a la fuente de energía.
- 2- Presione la tecla ON/OFF para energizar el equipo.

- 3- Dejar encendido el conductivimetro por 5 minutos para estabilizarlo.
- 4- Presione la tecla AUTOREAD para que la lectura del equipo sea automática.
- 5- Con el sensor seco y en el aire, se presiona la tecla Cal.
- 6- Cuando la lectura es estable, el medidor reconoce el primer punto de calibración y despliega la siguiente pantalla.

[/A] 0.000Ms/Cm

ATC 25°C CAL 1

#### **SEGUNDO PUNTO DE CALIBRACIÓN.**

- 7- Sumergir en el frasco que contiene la solución estándar 0.01M de KCl.
- 8- Presione la tecla CAL.
- 9- Cuando el medidor reconoce el segundo punto de calibración aparece el icono de estabilidad [/A] y el equipo despliega la siguiente pantalla

[/A]	Ms/Cm
1413	
ATC 25°C	CAL2.

- 10- El medidor esta calibrado. Sacar el electrodo de la solución y enjuáguelo en Suficiente agua destilada.

## 5.0 INSTRUCTIVO DE OPERACIÓN DEL ESPECTROFOTÓMETRO DR-2000

(11)

### ESPECIFICACIONES

MARCA: HACH DR-200

### INSTRUCCIONES DE TRABAJO.

- 1) Conectar el DR-2000 a 110 voltios.
- 2) Encender presionando la tecla POWER – o.
- 3) Dejarlo encendido por 15 minutos para energizar el DR-200.
- 4) Presionar 2 veces la tecla Config- meth para introducir el método del programa en el display aparece Método # ? .
- 5) Introducir el numero del método Ejem.120 y presionar la tecla Read-Enter en el display aparece P120 dial nm a 455.
- 6) Con el control a longitud de onda llevado a 455nm, en el display aparece: 455nm.
- 7) Lavar y secar bien la celda.
- 8) Llenar la celda hasta la marca de 25ml, con agua destilada (este será el blanco).
- 9) Colocar la celda que usara como blanco en el compartimiento de celda del DR-2000.
- 10) Presionar la tecla CLEAR-Zero, en el display aparece 455nm UNIT.
- 11) Después la calibración del zero es completada. En el despliegue de pantalla aparece zero: 455 nm, 5.0 units ptco. Color.

- 12) Llenar otra celda hasta la marca de 25ml, con cada una de las muestras a ser analizadas.
- 13) Colocar la celda bien limpia en el compartimiento de la celda del DR-2000 y presionar la tecla Read-Enter, en el despliegue aparece 455nm 5.0units, ptco.color.
- 14) Retirar la celda del compartimiento de celda del DR-2000.
- 15) Presionar la tecla config-meth, en el despliegue aparece 455nm (METODO # ?). Presionar la tecla POWER-0 para apagar el DR-2000. Desconectar el DR-2000.

**ANEXO 4**  
**FORMATO PARA RECOLECCION DE DATOS DE CONDICIONES**  
**AMBIENTALES DEL LABORATORIO**



**ANEXO 5**  
**FORMATO PARA REGISTRO DE**  
**RECOLECCION DE MUESTRAS.**



**ANEXO 6**

**FORMATO PARA RECOLECCION DE RESULTADOS.**



**ANEXO 7**  
**TABLA DE VALORES PERMISIBLES DE LA**  
**NORMA SALVADOREÑA PARA AGUAS RESIDUALES**  
**NSO 13.07.03:01.**

**TABLA 4. PARÁMETROS SOBRE VALORES PERMISIBLES PARA AGUAS RESIDUALES DESCARGADAS A UN CUERPO RECEPTOR. NORMA SALVADOREÑA NSO 13.07.03:01. (9)**

PARÁMETROS	VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES	
	AGUAS DOMESTICAS	AGUAS RESIDUALES
COLOR REAL (pt-co)	200	
pH ( Unidades)	5.5-9.0	
SÓLIDOS SEDIMENTABLES mL/L)	1	
SÓLIDOS SUSPENDIDOS (mg/L)	60	100
TEMPERATURA (°C)	24.0±1	
TURBIDEZ (NTU)	100	
DBO <sub>5</sub> a 20°C ( mg/L)	30	200
DQO ( mg/L)	60	600
CONDUCTIVIDAD ELECTRICA(µs/cm) <sup>(3)</sup>	50-1500	10,000

**ANEXO 8**

**GRAFICO DE UBICACIÓN DE QUEBRADA EL NISPERO Y RIO  
SAN ANTONIO.**

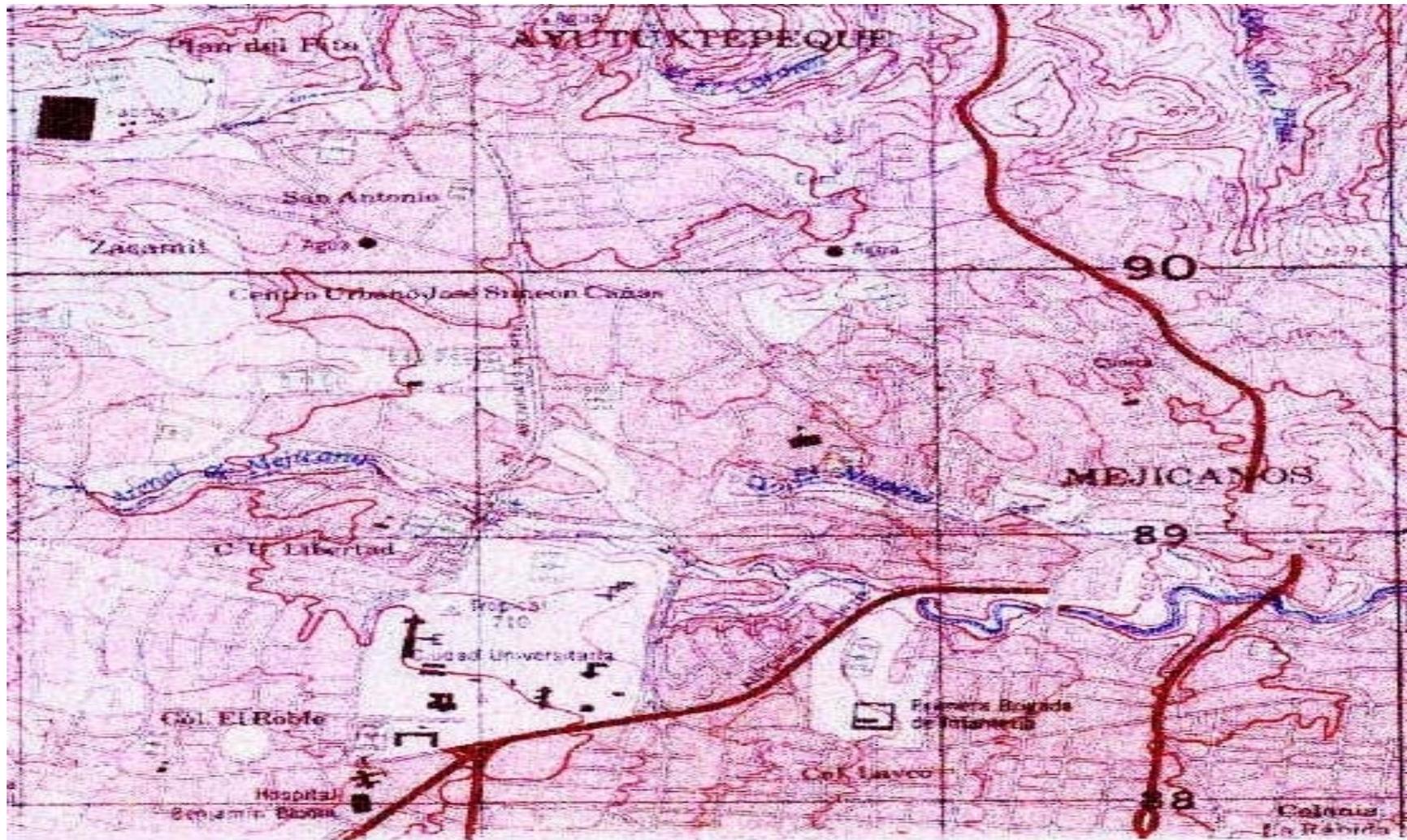


Fig. GRÁFICO DE LA UBICACIÓN DE LA QUEBRADA EL NÍSPERO Y RÍO SAN ANTONIO

**CAPITULO 9**  
**FOTOGRAFIAS DE LA QUEBRADA EL NISPERO**  
**Y RIO SAN ANTONIO**



Fig. Quebrada El Níspero a 1 Kilómetro del punto de muestreo.



Fig. 2 Quebrada El Níspero a 900 metros del punto de Muestreo



Fig. 3 Quebrada El Níspero a 700 metros del punto de Muestreo



Fig. 4 Quebrada El Níspero a 500 metros del punto de muestreo



Fig. 5 Unión de La Quebrada El Níspero con El Río San Antonio



Fig. 6 Río San Antonio a 500 metros después de la unión