

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**  
**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**



**DETERMINACIÓN DE LA CURVA DE CALIBRACIÓN EN LA DEMANDA  
BIOQUÍMICA DE OXÍGENO POR EL MÉTODO DE LA AZIDA SÓDICA  
MODIFICADA.**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR  
MARÍA GUADALUPE JAIME GODOY**

**PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIATURA EN QUÍMICA Y FARMACIA**

**JULIO DE 2008**

**SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA**

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR**

**RECTOR**

MSc. RUFINO ANTONIO QUEZADA SANCHEZ

**SECRETARIO GENERAL**

LIC. DOUGLAS VLADIMIR ALFARO CHAVEZ

**FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA**

**DECANO**

LIC. SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

**SECRETARIA**

MSc. MORENA LIZETTE MARTÍNEZ DE DÍAZ

## **COMITÉ DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**

### **COORDINADORA GENERAL**

Licda. María Concepción Odette Rauda Acevedo

### **ASESORA DE ÁREA DE CONTROL DE CALIDAD DE PRODUCTOS FARMACÉUTICOS, COSMÉTICOS Y VETERINARIOS:**

Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez

### **ASESORA DE ÁREA DE GESTIÓN AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL**

Licda. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

### **DOCENTE DIRECTOR**

Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras

## **AGRADECIMIENTOS**

- A Dios por darme salud, sabiduría y fortaleza para realizar mis estudios y terminar mi trabajo de graduación.
- A mis padres por su apoyo, sacrificio, orientación y comprensión incondicional.
- A mi docente director Lic. Henry Alfredo Hernández Contreras por su orientación y apoyo incondicional a lo largo de mi trabajo de graduación que Dios lo Bendiga.
- Al Ingeniero Rigoberto Saavedra por sus conocimientos y ayuda para realizar los cálculos matemáticos de mi trabajo de graduación.
- Al señor laboratorista Jorge Alberto Carranza Estrada por su apoyo y colaboración dentro de las instalaciones del laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia.
- A las autoridades de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por prestarme las instalaciones del Laboratorio Físicoquímico de Aguas para realizar los análisis de mi trabajo de graduación.
- Gracias infinitas al comité de trabajo de graduación:
  - Licda. María Concepción Odette Rauda.
  - Licda. Zenia Ivonne Arévalo de Márquez
  - Licda. Cecilia Haydeé Gallardo de Velásquez

Por haberme orientado y ayudado a lo largo de mi trabajo.

Que Dios los Bendiga a todos.

## DEDICATORIA

Este triunfo se lo dedico principalmente a:

- **Dios y mi Señor Jesucristo** por darme la vida, salud y sabiduría para finalizar esta meta.
  - **Mis padres: Luz de María y Juan Zenón**, orientación y su amor durante toda mi vida. Los amo y que Dios los Bendiga.
  - **Mi hija Natalie** por ser la inspiración y motivación de mi vida te amo que Dios te Bendiga.
  - **Mis hermanos:** Juan y Eduardo por su apoyo y comprensión durante mis estudios.
  - **A mi mejor amiga: Ivette** por que ha sido un gran apoyo desde que llego a mi vida, gracias por tu amistad y por estar siempre a mi lado te quiero mucho.
  - **A la señora Graciela Quiteño** por su cariño y apoyo.
  - **A mis amigos:** Mario, Freddy, Miguel; por brindarme su apoyo.
- A todos mis demás familiares y amigos con mucho cariño.

**MARIA GUADALUPE**

## INDICE GENERAL

	<b>PAG.</b>
<b>RESUMEN</b>	
<b>Capitulo I</b>	
1.0 Introducción	xviii
<b>Capitulo II</b>	
2.0 Objetivos	
<b>Capitulo III</b>	
3.0 Marco Teórico	22
<b>3.1</b> Generalidades del agua	22
3.1.1 Parámetros físicos	23
3.1.2 Parámetros químicos	24
3.1.3 Parámetros indicativos de contaminación orgánica y biológica.	25
3.1.4 Parámetros bacteriológicos	25
3.1.5 Parámetros radiológicos	25
3.2 Aguas Residuales	25
3.2.1 Clasificación de las aguas residuales	27
3.2.1.1 Aguas residuales domesticas	27
3.2.1.2 Aguas residuales comerciales	28
3.2.1.3 Aguas residuales industriales	28
3.2.1.4 Aguas residuales agrícolas	32
3.2.1.5 Aguas de infiltración	32
3.2.1.6 Agua lluvia	32
3.2.1.7 Aguas superficiales	33
3.2.2 Clasificación de contaminantes de las aguas residuales	33
3.2.2.1 Contaminantes orgánicos	33
3.2.2.1.1 Proteínas	33

3.2.2.1.2	Carbohidratos	34
3.2.2.1.3	Aceites y grasas	34
3.2.2.1.4	Otros	34
3.2.2.2	Contaminantes inorgánicos	34
3.2.3	Características de importancia en aguas residuales	34
3.2.3.1	Acidez	34
3.2.3.2	Acido sulfhídrico	35
3.2.3.3	Alcalinidad	35
3.2.3.4	Bacterias	35
3.2.3.5	Carbohidratos	35
3.2.3.6	Carbono orgánico total	35
3.2.3.7	Cloruros	36
3.2.3.8	Color	36
3.2.3.9	Compuestos orgánicos volátiles	36
3.2.3.10	Detergentes	36
3.2.3.11	Fenoles	37
3.2.3.12	Fósforo	37
3.2.3.13	Grasas y aceites	37
3.2.3.14	Nitrógeno	37
3.2.3.15	Olor	37
3.2.3.16	Proteínas	38
3.2.3.17	Oxígeno disuelto	38
3.2.3.18	Turbiedad	38
3.2.3.19	Demanda bioquímica de oxígeno	38
3.2.3.20	Demanda química de oxígeno	39
3.2.4	Efectos de las aguas residuales	39
3.2.5	Efectos de las aguas residuales en el agua natural	40
3.3	Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO – 5 días)	41
3.3.1	Limitaciones e interferencias de la DBO	44

3.3.2	Toma y preservación de muestras	46
3.3.3	Verificación del agua de dilución	47
3.3.4	Chequeo de glucosa – ácido glutámico	47
3.3.5	Inoculación	48
3.3.6	Pre tratamiento de la muestra	49
3.3.6.1	Muestras con alcalinidad caustica o acidez	49
3.3.6.2	Muestras con compuestos residuales de cloro	49
3.3.6.3	Muestras contaminadas con sustancias toxicas	50
3.3.6.4	Muestras sobresaturadas con oxígeno disuelto	50
3.3.7	Técnica de dilución	50
3.3.7.1	Diluciones preparadas en probeta	51
3.3.7.2	Diluciones preparadas directamente en botellas	51
	DBO	
3.3.7.3	Determinación del OD inicial	52
3.3.8	Determinación de la demanda bioquímica de oxígeno	52
3.3.8.1	Principio	52
3.3.8.2	Método	53
3.3.9	Fundamento del método de Winkler	53
3.3.9.1	Mecanismo del método de Winkler	54
3.3.10	Importancia de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	56
3.3.10.1	Importancia sanitaria	56
3.4	Oxígeno Disuelto	57
3.4.1	Significado sanitario del Oxígeno disuelto	58

## **Capítulo IV**

4.0	Diseño Metodológico	61
4.1	Tipo de estudio	61
4.2	Investigación bibliográfica	61
4.3	Investigación de campo	62

4.3.1	Universo	62
4.3.2	Muestra	62
4.4	Parte experimental	64
4.4.1	Resumen del método	64
4.4.2	Muestreo, preservación y transporte de muestras	65
4.4.3	Análisis de la muestra	65
4.4.4	Procedimiento para la determinación de la curva de calibración de la solución patrón de glucosa-acido glutámico	68
4.4.4.1	Resumen del método. Demanda bioquímica de oxígeno carbonoso (DBOC)	68
4.4.4.2	Método de laboratorio	71
4.4.5	Análisis de la curva de calibración de la solución patrón de glucosa – acido glutámico	72
4.4.5.1	Análisis de la muestra	72
<b>Capitulo V</b>		
5.0	Resultados y discusión de resultados	76
5.1	Obtención de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de la solución patrón de glucosa – acido glutámico	76
5.2	Obtención de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de oxidación de muestras ordinarias	78
5.3	Obtención de la Demanda Bioquímica de Oxígeno de muestra tipo especial	80
5.4	Comparación de los datos obtenidos en la muestras ordinarias y muestras especiales con la solución patrón de glucosa – acido glutámico	82
5.5	Elaboración de la curva de calibración de glucosa – acido glutámico	85
<b>Capitulo VI</b>		
6.0	Conclusiones	

## **Capítulo VII**

### 7.0 Recomendaciones

**Bibliografía**

**Glosario**

**Anexos**

## INDICE DE TABLAS

<b>TABLA N°</b>		<b>PAG.</b>
1	Valores obtenidos para calcular la DBO de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico	76
2	Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestra de aguas residuales domesticas	79
3	Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestra de aguas residuales de la tenería	80
4	Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestra de aguas residuales del rastro Municipal	81
5	Datos de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico	83
6	Datos de la muestra de aguas residuales domesticas	83
7	Datos de la muestra de aguas residuales de la tenería	84
8	Datos de la muestra de aguas residuales del rastro Municipal	84
9	Datos obtenidos de la tabulación de los frascos conteniendo 0.5 ml de semilla	86
10	Datos obtenidos de la tabulación de frascos conteniendo 1.0 ml de semilla	86
11	Datos de DBOu-DBO(y) y sus respectivos logaritmos naturales para alícuota de 1.0 ml de semilla	87
12	Datos de DBOu – DBO(y) y sus respectivos logaritmos naturales para alícuota de 0.5 ml de semilla	88

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		PAG.
1	Representación gráfica de la Oxidación del sustrato	68
2	Representación gráfica del Número de bacterias	68
3	Representación gráfica del consumo de oxigeno	69
4	Representación gráfica de $\ln (DBO_u - y)$ Vrs. t	71
5	Grafico de $DBO_u - DBO$ Vs. Tiempo (días) para alícuota de 1.0 ml de semilla	88
6	Grafico de $DBO_u - DBO$ Vs. Tiempo (días) para alícuota de 0.5 ml de semilla	89
7	Grafico de $\ln DBO_u - DBO$ Vs. Tiempo (días) para alícuota de 1.0 ml de semilla	89
8	Grafico de $\ln DBO_u - DBO$ Vs. Tiempo (días) para alícuota de 0.5 ml de semilla	90
9	Linealización de los datos de $DBO_u - DBO$ Vs. Tiempo, utilizando papel semilogaritmico para 1.0 ml de semilla	91

## INDICE DE ANEXOS

### ANEXO N°

- 1 Tabla N° 13 Composición típica promedio de las aguas residuales domesticas
- 2 Tabla N° 14 Efectos indeseables de las aguas residuales
- 3 Tabla N° 15 Contaminantes de importancia de aguas residuales
- 4 Tabla N° 16 Contaminantes de importancia en aguas residuales, parámetros e impacto ambiental.
- 5 Procedimiento normalizado de operación para la determinación de demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) por el método yodométrico, modificación de azida
- 6 Procedimiento normalizado de operación para la determinación de oxígeno disuelto por el método yodométrico, modificación de azida
- 7 Figura N° 10 Diagrama de preparación del agua de dilución
- 8 Figura N° 11 Diagrama de verificación del agua de dilución y blanco
- 8 Figura N° 12 Diagrama de chequeo con glucosa – ácido glutámico
- 8 Figura N° 13 Diagrama de preparación de la semilla
- 9 Figura N° 14 Diagrama de pretratamiento de las muestras
- 10 Figura N° 15 Diagrama de técnica de dilución
- 11 Preparación de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico para la elaboración de la curva de calibración
- 12 Utilización del papel semilogaritmico

## ABREVIATURAS

CaCO <sub>3</sub>	:	Carbonato de Calcio
CO <sub>2</sub>	:	Dióxido de Carbono
COT	:	Carbono Orgánico Total
COV	:	Compuestos Orgánicos Volátiles
DBO	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DBO <sub>5</sub>	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno 5 días
DBOC	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno Carbonácea
DBON	:	Demanda Bioquímica de Oxígeno Nitrogenácea
DBOu	:	Demanda bioquímica de oxígeno que se ejerce en 30 días de ensayo se establece en términos generales como: DBOu= 1.5 x DBO <sub>5</sub> .
DQO	:	Demanda Química de Oxígeno
H <sub>2</sub> S	:	Sulfuro de Hidrogeno
H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	:	Acido Sulfúrico
I	:	Yoduro
I <sub>2</sub>	:	Yodo
KI	:	Yoduro de Potasio
NaOH	:	Hidróxido de Sodio
Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	:	Tiosulfato de Sodio
O <sub>2</sub>	:	Oxígeno
OD	:	Oxígeno Disuelto
PPM	:	Parte por Millón

## RESUMEN

La presente investigación ha tenido como objetivo principal determinar la curva de calibración en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) por el método de la ácido sódica modificado, así como la velocidad de consumo de oxígeno medido a diario.

Para llevar a cabo esta investigación se utilizaron muestras de aguas residuales domésticas la cual fue obtenida de la colonia Ciudad Real de San Sebastián Salitrillo Municipio de Santa Ana, muestra de agua residual de tenería el Búfalo y aguas residuales del rastro municipal ambos localizados también en la ciudad de Santa Ana, se preparo una solución patrón de glucosa y ácido glutámico para ser comparada con las muestras antes mencionadas, dichas muestras y solución patrón fueron analizadas utilizando la técnica de la DBO, la cual se basa en el oxígeno consumido por la materia orgánica biodegradable a los 5 días de incubación a 20° C.

Se tomaron lecturas al inicio y después de 5 días de incubación de una solución patrón de glucosa – ácido glutámico los cuales consistieron en mediciones diarias de oxígeno disuelto durante 14 días partiendo del día cero teniendo en incubación las muestras a 20° C para poder elaborar la curva de calibración. Dichas mediciones tuvieron un tiempo de duración de 2 meses para hacer las respectivas diluciones de las muestras, tomar lecturas iniciales, incubarlas, obtener los datos y elaborar la curva de calibración.

Todos los procedimientos analíticos se realizaron en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Posteriormente se realizó la comparación de los valores obtenidos de la DBO de cada una de las muestras de aguas residuales domésticas, de las aguas residuales del rastro municipal y de las aguas residuales de la tenería el Búfalo con los valores de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico.

Se recomienda hacer todos estos procedimientos como un preámbulo a una validación del método de la DBO, ya que es necesario que todo laboratorio de ensayo de aguas, efluentes o vertidos realice la calibración del método y elabore una curva de calibración de la DBO.

**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En la actualidad los laboratorios de Control de Calidad del Agua cumplen una misión importante en cuanto a los análisis que estos realizan, ya que la contaminación del agua ha tomado gran importancia en estos tiempos debido al incremento de contaminantes que son agregados al ciclo natural de la misma alterando su calidad, por lo que se hace necesario que todo laboratorio realice una validación de sus métodos de análisis de aguas residuales domesticas, industriales, agua superficiales y efluentes de plantas de tratamiento de aguas; una de la pruebas que tiene una amplia aplicación en la practica de ingeniería sanitaria es la DBO (demanda bioquímica de oxígeno).

Es por eso que en esta investigación se trabajó con la DBO que fue utilizada como técnica del método de la azida sódica modificada para determinar la velocidad de oxidación de muestras de aguas residuales ordinarias como de tipo especial, estas fueron comparadas con una solución patrón de glucosa – acido glutámico, la técnica consistió en llenar con muestra hasta rebosar una serie de frascos herméticos con capacidad de 300 ml se incubaron a una temperatura de  $20^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$  durante 5 días, se midió el oxígeno disuelto antes y después de los 5 días de incubación.

También se construyó una curva de calibración con la solución patrón de glucosa – acido glutámico incubando 14 frascos con muestras y se midió el oxigeno disuelto consumido diariamente durante 14 días consecutivos para realizar los respectivos cálculos.

## **CAPÍTULO II**

### **OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

- Determinar una curva de calibración con la Demanda Bioquímica de Oxígeno por el método de la azida sódica modificado.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- 2.2.1** Elaborar una curva de calibración de glucosa – ácido glutámico que será utilizada como patrón de referencia para el análisis de la Demanda Bioquímica de Oxígeno en las distintas muestras de aguas ordinarias y de tipo especial.
- 2.2.2** Obtener la demanda bioquímica de oxígeno de muestras de aguas ordinarias haciendo uso del método de la azida sódica modificado.
- 2.2.3** Obtener la demanda bioquímica de oxígeno de muestras de aguas de tipo especial usando el método de la azida sódica modificado.
- 2.2.4** Comparar los resultados obtenidos de las muestras de tipo ordinario y de tipo especial con los datos obtenidos de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico.
- 2.2.5** Medir la velocidad de oxidación de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico durante 15 días consecutivos.

**CAPÍTULO III**  
**MARCO TEÓRICO**

### 3.0 MARCO TEORICO

#### 3.1 GENERALIDADES DEL AGUA

El agua es una sustancia fundamental en muchos procesos industriales en los que puede intervenir como:

- Materia prima de un proceso
- Disolvente, diluyente o medio de transporte de otras materias.
- Medio de transporte térmico adicionando calor (agua caliente, vapor) o retirándolo (agua de refrigeración)
- Sistema auxiliar (lavado, limpieza general, etc.)

Los múltiples usos a que se destina el agua (consumo domestico, agricultura, ganadería, producción de energía, e incluso el ocio, además de la industria) y la creciente demanda la han convertido en un recurso limitado, cuando no escaso.

Por otra parte, las residuales pueden ser la causa de un impacto ambiental cuyo control toma parte de los programas de bienestar social de cualquier gobierno.

El agua natural puede contener una gran variedad de impurezas, características del ciclo hidrológico que ha experimentado previamente. El agua natural puede llegar directamente a la industria desde una captación independiente o a través de una red de suministro que probablemente entregará el agua con algunas modificaciones en su composición original.

Cuando las impurezas representan elementos nocivos para el uso a que va destinada en el agua se denominan contaminantes por lo tanto es el grado de calidad requerido el que determina si una impureza es contaminante o no.

Atendiendo a los problemas que pueden plantear y las posibles soluciones con tratamientos adecuados, se pueden distinguir los siguientes grupos de contaminantes acuáticos:

- Gases disueltos: Oxígeno, nitrógeno, dióxido de carbono, amoníaco
- Materias en suspensión: Arena, arcilla, fangos diversos, restos de vegetales, etc.
- Materias emulsionadas: Aceites, hidrocarburos, suspensiones coloidales
- Sales minerales en disolución: Carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, cloruros, nitratos, silicatos, etc., combinados con metales alcalinos, alcalinotérreos, etc.
- Materia orgánica de origen natural
- Compuestos sintéticos y artificiales de difícil degradación
- Metales pesados y tóxicos inorgánicos
- Organismos vivos que constituyen la fauna y flora del medio
- Organismos patógenos de origen animal o humano.

Para definir la calidad del agua existen ciertos parámetros que se pueden clasificar en cuatro grandes grupos: Físicos, químicos, biológicos, bacteriológicos y radiológicos.

### **3.1.1 PARÁMETROS FÍSICOS:**

- Sabor y olor
- Color
- Turbidez

- Conductividad y resistividad
- Sólidos disueltos
- Sólidos en suspensión
- Sólidos totales
- Residuo seco

### **3.1.2 PARÁMETROS QUÍMICOS**

- pH
- Dureza
- Alcalinidad
- Coloides
- Acidez mineral
- Cloruros
- Sulfatos
- Nitratos
- Fosfatos
- Fluoruros
- Sílice
- Bicarbonatos y carbonatos
- Sodio
- Potasio
- Calcio

- Magnesio
- Hierro
- Manganeso
- Metales tóxicos
- Gases disueltos

### **3.1.3 PARÁMETROS INDICATIVOS DE CONTAMINACIÓN ORGANICA Y BIOLÓGICA. (BIOLOGICOS)**

- Demanda bioquímica de oxígeno
- Demanda química de oxígeno
- Carbón orgánico total

### **3.1.4 PARÁMETROS BACTERIOLÓGICOS**

- Demanda de cloro (breakpoint)

### **3.1.5 PARÁMETROS RADIOLOGICOS**

Suelen medirse las actividades alfa y beta mediante contadores de centelleo.<sup>(10)</sup>

## **3.2 AGUAS RESIDUALES**

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 domestico e industrial. El tratamiento de aguas residuales se define como<sup>(13)</sup> 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: Oxigeno 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 Oxigeno 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 acaba por sedimentar, lo cual puede dar lugar a un enriquecimiento de toxicidad y demanda de oxigeno de los sedimentos. Los nutrientes pueden provocar eutrofización (el agua se enriquece de oxigeno, provocando un aumento de plantas acuáticas y descensos del nivel de Oxigeno Disuelto). La acidez del agua, medida por su pH, afecta el equilibrio químico y ecológico de las aguas ambientales. Los niveles de Oxigeno 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, sólidos en suspensión, nutrientes y compuestos tóxicos<sup>(13)</sup>.

### **3.2.1 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES**

Las aguas residuales se clasifican de acuerdo a su origen y composición.

#### **3.2.1.1 Aguas residuales domesticas.**

Proviene de viviendas incluyendo el agua utilizada para la 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.

Composición típica promedio de las aguas residuales domesticas (anexo N° 1). Estos valores se pueden usar como valores de referencia para ciudades grandes, para comunidades pequeñas o áreas rurales en las cuales las aguas residuales son predominantemente domesticas.<sup>(9)</sup> En la Norma Salvadoreña obligatoria para aguas residuales se conocen de tipo ordinario.

**3.2.1.2 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.

**3.2.1.3 Aguas residuales industriales** producidas por grandes plantas industriales de manufactura.

Según la Norma Salvadoreña Obligatoria NSO13.49.01:06 Agua, Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor, del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) se pueden clasificar en 14 grupos según la Tabla 2 de dicha norma. Valores máximos permisibles de parámetros para verter aguas residuales de tipo especial al cuerpo receptor por tipo de actividad y sus subgrupos, los cuales son:

a) ANIMALES VIVOS Y PRODUCTOS DEL REINO ANIMAL

a.1- Producción agropecuaria

a.2- Matanza de ganado y preparación y conservación de carnes

a.3- Precocimiento de camarón, mariscos en forma congelada

a.4- Enlatados de mariscos y fabricación de sus harinas

a.5-Productos avícolas

b) PRODUCTOS DEL REINO VEGETAL

b.1- Productos de molinería

b.2- Beneficio de café

b.3- Fabricación de productos de panaderías

b.4- Fabricación de cacao, chocolate y artículos de confitería

b.5- Elaboración de alimentos preparados para animales

b.6- Industria del tabaco

c) GRASAS Y ACEITES ANIMALES Y VEGETALES

c.1- Extractoras de aceites y grasas

c.2- Refinadora de aceites y grasas

d) PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS ALIMENTARIAS, BEBIDAS, LIQUIDOS  
ALCOHOLICOS TABACO Y SUCEDÁNEOS.

d.1- Fabricación de productos lácteos

d.2- Envasado y conservación de frutas y legumbres, incluyendo la  
elaboración de jugos

d.3- Elaboración de productos alimenticios diversos

d.4- Destilación, rectificación y mezclas de bebidas espirituosas

d.5- Bebidas, malteadas y de malta

d.6- Industrias de bebidas no alcohólicas y aguas gaseosas

#### e) PRODUCTOS MINERALES

- e.1- Extracción de minerales no ferrosos
- e.2- Fabricación de objetos de barro, loza y porcelana
- e.3- Fabricación de vidrio y productos de vidrio
- e.4- Fabricación de productos minerales no metálicos
- e.5- Industrias básicas de hierro y acero
- e.6- Industrias básicas de metales no ferrosos

#### f) PRODUCTOS DE LAS INDUSTRIAS QUIMICAS

- f.1- Fabricación de abonos
- f.2- Fabricación de resinas sintéticas, materias plásticas y fibras artificiales, excepto el vidrio.
- f.3- Fabricación de pinturas, barnices y lacas
- f.4- Fabricación de productos farmacéuticos y medicamentos
- f.5- Fabricación de jabones y preparados de limpieza, perfumes, cosméticos y otros productos de tocador.
- f.6- Refinación y/o fabricación de productos diversos derivados del petróleo y del carbón.
- f.7- Industrias de llantas y cámaras
- f.8- Expendios de combustibles
- f.9- Lavado de vehículos
- f.10- Lavanderías, tintorerías
- f.11- Rellenos sanitarios y otras instalaciones de manejo de desechos

f.12- Fabricación de baterías

g) MATERIAS PLASTICAS, CAUCHOS Y SUS MANUFACTURAS

g.1- Fabricación de productos plásticos

h) PIELES, CUEROS, TALABARTERIA Y PAPELERIA

h.1- Curtidurías y talleres de acabado

i) PASTAS DE MADERA, PAPEL Y CARTÓN, MANUFACTURAS Y APLICACIONES

i.1- Fabricación de pulpa de madera, papel y cartón

i.2- Fabricación de envases y cajas de cartón

i.3- Fabricación de envases y cajas de papel y de cartón

j) MATERIAS TEXTILES Y SUS MANUFACTURAS

j.1- Hilados tejidos y acabados textiles

k) CALZADO Y ARTICULOS ANALOGOS

k.1- Fabricación de productos de cuero y artículos sucedáneos de cuero

l) PERLA, PIEDRAS Y METALES PRECIOSOS

l.1- Fabricación de joyas y artículos conexos

m) METALES COMUNES Y SUS MANUFACTURAS

m.1- Fabricación de cuchillería, herramientas manuales y artículos generales de ferretería

m.2- Fabricación de muebles y accesorios principalmente metálicos

m.3- Fabricación de productos metálicos estructurales

m.4- Fabricación de productos metálicos, exceptuando maquinaria y equipos

n) MAQUINARIA Y APARATOS, MATERIAL ELECTRICO Y MANTENIMIENTO

n.1- Construcción de maquinaria para trabajar los metales y la madera

n.2- Construcción de materiales y equipos especiales para las industrias excepto la maquinaria para trabajar los metales y la madera

n.3- Construcción de maquinas y aparatos eléctricos industriales

n.4- Fabricación y reparación de automóviles, motocicletas

n.5- Fabricación de equipos para diferentes usos

n.6- Fabricación de instrumentos de música

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

**3.2.1.5 Aguas de infiltración** provenientes de sistemas de drenaje, tuberías de desagüe y del descenso artificial del nivel de las aguas subterráneas. Estas en la Norma salvadoreña obligatoria para aguas residuales se conocen como de tipo especiales.

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

**3.2.1.7 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.

### **3.2.2 CLASIFICACION DE CONTAMINANTES DE LAS AGUAS RESIDUALES**

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

#### **3.2.2.1 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:

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

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

3.2.2.1.3 **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.

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

### 3.2.2.2 **Contaminantes inorgánicos:**

Son de origen mineral y de naturaleza ácida siendo más abundantes 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.<sup>(11)</sup>

## 3.2.3 **CARACTERÍSTICAS DE IMPORTANCIA EN AGUAS RESIDUALES**

3.2.3.1 **Acidez:** La acidez se origina en la disolución de CO<sub>2</sub> atmosférico, en la oxidación biológica de la materia orgánica o en la descarga de aguas residuales industriales. Su efecto corrosivo en aguas

residuales es de gran importancia, así como su efecto posible destructor o alterador de la flora y fauna de fuentes receptoras.

- 3.2.3.2 **Ácido sulfhídrico:** Se consideran indeseables concentraciones de  $H_2S$  en aguas residuales mayores de 1 mg/L. Es causante del color negro en muchas aguas residuales por la combinación del  $H_2S$  con hierro para formar sulfuro ferroso.
- 3.2.3.3 **Alcalinidad:** Las aguas residuales domesticas son generalmente alcalinas, concentraciones de 50 – 200 mg/L  $CaCO_3$  son comunes.
- 3.2.3.4 **Bacterias:** Organismos eubacteriales procarióticos unicelulares, morfológicamente se clasifican como: cocos, bacilos curvados o vibriones, espirales o espirillas o espiroquetas y filamentosas, son los organismos más importantes en la descomposición y estabilización de la materia orgánica.
- 3.2.3.5 **Carbohidratos:** Son muy comunes en aguas residuales y en la industria de la madera, papel, textiles y alimentos, incluye azúcares, almidones, celulosa, hemicelulosa.
- 3.2.3.6 **Carbono orgánico total: (COT)** Es otro medio para determinar la materia orgánica presente en el agua y un ensayo de ejecución rápida. Las aguas residuales domesticas crudas generalmente

contienen COT de 80 – 290 mg/L y la relación DBO/COT varia entre 1.0 a 1.6.

- 3.2.3.7 **Cloruros:** Son comunes en aguas residuales pues la contribución diaria por persona es de 6 a 9 gramos. En aguas residuales domesticas crudas la concentración de cloruros oscila entre 30 – 200 mg/L.
- 3.2.3.8 **Color:** Las aguas residuales domesticas frescas son generalmente de color gris y a medida que el agua envejece cambia de color gris oscuro y luego a negro. El color en aguas residuales industriales puede indicar el origen de la contaminación así como el buen estado o deterioro de los procesos de tratamiento. Entre los residuos industriales de color fuerte se tienen los de la industria colorante de textiles y de pulpa de papel.
- 3.2.3.9 **Compuestos orgánicos volátiles:** En aguas residuales es común encontrar COV los cuales al ser emitidos a la atmósfera pueden constituirse en contaminantes tóxicos o en gases orgánicos altamente reactivos.
- 3.2.3.10 **Detergentes:** Su presencia disminuye la tensión superficial del agua y favorece la formación de espuma inhibe la actividad biológica y disminuye la solubilidad del oxígeno.

- 3.2.3.11 **Fenoles:** Compuestos aromáticos comunes en aguas residuales de la industria del petróleo, del carbón, plantas químicas, fabricas de explosivos, de resinas y otras.
- 3.2.3.12 **Fósforo:** En aguas residuales domesticas el contenido de fósforo oscila entre 6 y 20 mg/L.
- 3.2.3.13 **Grasas y aceites:** Se consideran de este grupo compuestos de carbono, hidrógeno y oxígeno que flotan en el agua residual, recubren las superficies con las cuales entran en contacto, causan iridiscencia y problemas de mantenimiento, e interfieren con la actividad biológica, pues son difíciles de biodegradar.
- 3.2.3.14 **Nitrógeno:** Las formas de interés en aguas residuales son las de nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, hidrógeno de nitritos y nitratos. Un agua residual con un contenido suficiente de nitrógeno puede requerir la adición de nitrógeno para su adecuada biodescomposición. La forma predominantes del nitrógeno en aguas residuales domesticas frescas es el nitrógeno orgánico.
- 3.2.3.15 **Olor:** Las aguas residuales frescas tienen un olor característico desagradable, las aguas residuales sépticas tienen un olor muy ofensivo, generalmente producido por  $H_2S$  proveniente de la descomposición anaerobia de los sulfatos o sulfuros. Las aguas

residuales industriales tienen, a veces, olores característicos específicos del proceso industrial del cual provienen.

3.2.3.16 **Proteínas:** Los residuos industriales más ricos en proteínas son los provenientes de procesadoras de carnes, quesos, huevos y ciertos vegetales.

3.2.3.17 **Oxígeno disuelto:** La baja disponibilidad del oxígeno disuelto (OD) limita la capacidad autopurificadora de los cuerpos de agua y hace necesario el tratamiento de las aguas residuales para su disposición en ríos y embalses. La determinación de OD es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua. En general todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0.5 mg/L.

3.2.3.18 **Turbiedad:** Constituye una medida óptica del material suspendido en el agua. Las aguas residuales tratadas puede ser un factor importante de control de calidad.

3.2.3.19 **Demanda bioquímica de oxígeno:** Es la cantidad de oxígeno requerido por los microorganismos para oxidar (estabilizar) la materia orgánica biodegradable en condiciones aerobias.

Las aguas residuales domesticas crudas tienen DBO promedio de 250 a 1000 mg/L con relaciones de DQO/DBO que generalmente varían entre 1.2 y 2.5.

3.2.3.20 **Demanda química de oxígeno:** Es útil como un parámetro de concentración orgánica en aguas residuales industriales o municipales toxicas a la vida biológica y se puede realizar en solo una 3 horas<sub>(10)</sub>.

### 3.2.4 EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES

Se considera que las aguas residuales son dañinas cuando impiden o perjudican el uso normal del agua ó cuando acarrear 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) Áreas 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. 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

### **3.2.5 EFECTOS DE LAS AGUAS RESIDUALES EN EL AGUA NATURAL**

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:

- 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.
- Incremento en el contenido de sólidos totales. Las aguas residuales contienen componentes sólidos que pueden ser de origen mineral 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<sup>(6)</sup>.

### **3.3 DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO – 5 DIAS)**

- La demanda bioquímica de oxígeno (DBO) es una prueba usada para la determinación de los requerimientos de oxígeno para la degradación bioquímica de la materia orgánica en las aguas municipales, industriales y en general residuales; su aplicación permite calcular los efectos de las descargas de los efluentes domésticos e industriales sobre la calidad de las aguas de los cuerpos receptores. Los datos de la prueba de la DBO se utilizan en ingeniería para diseñar las plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La prueba de la DBO es un procedimiento experimental, tipo bioensayo que mide el oxígeno requerido por los organismos en sus procesos metabólicos al consumir la materia orgánica presente en las aguas residuales o naturales. Las condiciones estándar del ensayo incluyen incubación en la oscuridad a 20°C por un tiempo determinado, generalmente cinco días. Las condiciones naturales de temperatura, población biológica, movimiento del agua, luz solar y la concentración de oxígeno no pueden ser reproducidas en el laboratorio. Los resultados obtenidos deben tomar en cuenta los factores anteriores para lograr una adecuada interpretación.
- Las muestras de agua residual o una dilución conveniente de las mismas, se incuban por cinco días a 20°C en la oscuridad. La disminución de la concentración de oxígeno disuelto (OD), medida por el método de Winkler o

una modificación del mismo, durante el periodo de incubación, produce una medida de la  $DBO_{(9)}$ .

La demanda de oxígeno de las aguas negras efluentes de las plantas de tratamientos de aguas negras, aguas contaminadas y desechos industriales se debe a tres clases de materiales: a) Materiales orgánicos carbonosos, que se aprovechan como una fuente de nutrientes por los organismos aerobios; b) Materiales nitrogenados oxidables que se derivan de los compuestos de nitrito amónico y nitrógeno orgánico, que sirven de nutrientes a bacterias específicas, como nitrosomonas y nitrobacter y c) Ciertos compuestos químicos reductores (hierro ferroso, sulfito y sulfuro) que reaccionan con el oxígeno molecular disuelto. En las aguas negras domésticas, crudas y sedimentadas la mayor parte (y para propósitos prácticos en total) de la demanda de oxígeno se debe a la primera clase de materiales y se determina por la prueba de demanda bioquímica de oxígeno (DBO).

Si el desecho consistiera únicamente en agua negra, doméstica, cruda o tratada sería muy simple la medición de la carga de oxígeno sobre la corriente receptora; por desgracia este no es el caso usual pues la mayor parte de los desechos son de naturaleza compleja y pueden contener compuestos orgánicos poco susceptibles de una oxidación biológica. Cuando existen tales compuestos los métodos usuales de inoculación e incubación por el periodo normal de 5 días no ponen de manifiesto el efecto que esos desechos puedan ejercer en algún lugar, aguas abajo del punto de descarga. La estabilización completa de

un desecho determinado puede exigir un periodo de incubación demasiado prolongado para propósitos prácticos. Por esta razón se ha aceptado como normal el período de 5 días, sin embargo para ciertos desechos industriales puede llegar a ser recomendable que se determine su curva de oxidación por lo tanto las condiciones normales aceptadas son: incubación durante 5 días a 20°C. La cantidad de sustancias nutrientes descompuestas en la prueba y por lo tanto la cantidad de oxígeno disuelto consumido depende de la temperatura y duración de la incubación. Cuando la descomposición de los nutrientes de una muestra están completa como se pueda obtener aeróbicamente, el oxígeno disuelto así consumido es la DBO total o última, sin embargo alguna materia orgánica puede quedar la que no es afectada por procesos aeróbicos pero que se prestan a la descomposición anaeróbica, como la celulosa.

Se puede considerar que el proceso de descomposición en la prueba ocurre en dos etapas. En la primera la descomposición es de los nutrientes carbonáceos cuya descomposición se acerca a su terminación después de cerca de tres semanas a 20°C. En la segunda etapa son los nutrientes nitrogenados lo que se oxidan primero. Así en la prueba normal de 5 días la DBO registrada se debe virtualmente a la descomposición de la proporción principal de los nutrientes carbonáceos.

Se debe tener cautela tanto en el funcionamiento de la prueba como en la interpretación de sus resultados, como la prueba DBO es esencialmente un sistema microbiano de crecimiento la mezcla de microorganismos utilizada debe

contener tipos capaces de metabolizar las sustancias presentes en la muestra de agua residual. Además las sustancias presentes en la prueba deben suministrar un razonable balance nutricional para los microorganismos. Las aguas residuales de origen industrial tiene la tendencia a causar problemas en este respecto debido a que a menudo sólo contienen un rango limitado de nutrientes y podrán utilizarse por solo un rango severamente limitado de especies microbianas.<sup>(11)</sup>

### **3.3.1 LIMITACIONES E INTERFERENCIAS DE LA DBO**

- Existen numerosos factores que afectan la prueba de la DBO, entre ellos la relación de la materia orgánica soluble a la materia orgánica suspendida, los sólidos sedimentables, los flotables, la presencia de hierro en su forma oxidada o reducida, la presencia de compuestos azufrados y las aguas no bien mezcladas. Al momento no existe una forma de corregir o ajustar los efectos de estos factores.
- DBO carbonácea contra nitrogenácea. La oxidación de las formas reducidas del nitrógeno como amoniaco y nitrógeno orgánico, mediada por los microorganismos, ejercen una demanda nitrogenácea, que ha sido considerada como interferencias en la prueba; sin embargo, esta puede ser eliminada con la adición de inhibidores químicos. Cuando se inhiba la demanda nitrogenácea de oxígeno, reportar los resultados como demanda bioquímica de oxígeno carbonácea (DBOC); cuando no se inhiba, reportar los resultados como DBO<sub>5</sub>.<sup>(7)</sup>

- Requerimientos de dilución. Si el agua de dilución es de baja calidad, su DBO aparecerá como DBO de la muestra, efecto que será amplificado por el factor de dilución, y el resultado tendrá una desviación positiva. El método de análisis debe incluir agua de dilución de verificación y agua de dilución como blanco para establecer su calidad, mediante la medición del consumo de oxígeno con una mezcla orgánica conocida, generalmente glucosa y ácido glutámico. La fuente del agua de dilución puede ser: destilada a partir del agua de grifo, o agua libre de sustancias orgánicas biodegradables o bioinhibitorias tales como cloro o metales pesados. El agua destilada puede contener amoníaco o compuestos orgánicos volátiles; el agua desionizada también puede estar contaminada con compuestos orgánicos solubles lixiviados del lecho de la resina; el uso de destiladores con conductos o accesorios de cobre en las líneas de agua destilada pueden producir agua con cantidades excesivas de cobre, que actúa como biocida.<sup>(10)</sup>

Los residuos que contengan fenol pueden dar un resultado cero para la prueba DBO ya que si todos los microorganismos de la prueba están muertos no se consumirá oxígeno. Es importante la correcta dilución de la muestra de prueba puesto que si está demasiado concentrada el oxígeno disuelto disponible se gastará antes de que haya transcurrido el tiempo completo de incubación. Por el contrario si está demasiado diluida y solo se ha consumido una pequeña parte del oxígeno disuelto, los errores analíticos al determinar la concentración de oxígeno disuelto resultarán excesivamente significativas.<sup>(7)</sup>

### 3.3.2 TOMA Y PRESERVACIÓN DE MUESTRAS

- Las muestras para determinación de la DBO se deben analizar con prontitud; si no es posible, refrigerarlas a una temperatura cercana al punto de congelación, ya que se pueden degradar durante el almacenamiento, dando como resultado valores bajos. Sin embargo, es necesario mantenerlas al mínimo tiempo posible en almacenamiento, incluso si se llevan a bajas temperaturas antes del análisis subir la temperatura y dejar ambientar a 20°C.
- Muestras simples. Si el análisis se emprende en el intervalo de 2 horas después de la recolección no es necesario refrigerarlas; de lo contrario, guardar la muestra a 4°C o menos; reportar junto como los resultados el tiempo y la temperatura de almacenamiento. Bajo ningún concepto iniciar el análisis después de 24 horas de haber tomado la muestra; las muestras empleadas en la evaluación de las tasas retributivas o en otros instrumentos normativos, deben ser analizadas antes de que transcurran 6 horas a partir del momento de la toma.
- Muestras compuestas. Mantener las muestras a 4°C o menos durante el proceso de composición, que se debe limitar a 24 horas. Aplicar los mismos criterios que para las muestras sencillas, contando el tiempo transcurrido desde el final del período de composición. Especificar el tiempo y las condiciones de almacenamiento como parte de los resultados.<sup>(7)</sup>

### **3.3.3 VERIFICACIÓN DEL AGUA DE DILUCIÓN**

Este procedimiento se aplica como una forma de verificación básica de la calidad del agua de dilución. Si el agua consume más de 0.2 mg/L de oxígeno se debe mejorar su purificación o emplear agua de otra fuente, confirmar la calidad del agua de dilución almacenada que esta en uso pero no agregar semilla para mejorar su calidad. El almacenamiento no es recomendable cuando se va a determinar la DBO sin inhibición de nitrificación ya que los organismos nitrificantes se pueden desarrollar en este período.

Revisar el agua de dilución para determinar la concentración de amonio y si es suficiente después del almacenamiento; de lo contrario agregar solución de cloruro de amonio para asegurar un total de 0.45 mg/L de amonio como nitrógeno. Si el agua de dilución no ha sido almacenada para mejorar su calidad agregar la cantidad suficiente de semilla para producir un consumo de Oxígeno Disuelto de 0.05 a 0.1 mg/L en 5 días a 20°C.

### **3.3.4 CHEQUEO DE GLUCOSA – ÁCIDO GLUTÁMICO**

Para determinaciones de la DBO que no requieren una semilla adaptada se usa como solución estándar de chequeo una mezcla de 150 mg/L de glucosa y 150 mg/L de ácido glutámico. La glucosa tiene una velocidad de oxidación excepcionalmente alta y variable pero cuando es empleada con ácido glutámico se estabiliza.

### 3.3.5 INOCULACIÓN

Origen de las semillas o inóculo. Es necesario que en la muestra este presente una población de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable.

Las aguas residuales domesticas no cloradas, los efluentes no desinfectados de plantas de tratamiento biológico, y las aguas superficiales que reciben descargas residuales contienen poblaciones satisfactorias de microorganismos. Algunas muestras no contienen una población microbiana suficiente (por ejemplo, efluentes industriales sin tratamiento, agua desinfectadas, efluentes con elevada temperatura o con valores extremos de pH), por tanto deben inocularse por adición de una población adecuada de microorganismos, la semilla o inóculo preferible es el efluente de un sistema de tratamiento biológico, en su defecto, el sobrenadante de aguas residuales domésticas después de dejarlas decantar a temperatura ambiente por lo menos 1 hora pero no más de 36 horas. Cuando se emplee el efluente de un proceso de tratamiento biológico, se recomienda aplicar el procedimiento de inhibición de la nitrificación.

Algunas muestras pueden contener materiales no degradables a las tasa normales de trabajo de los microorganismos; inocular tales muestras con una población microbiana adaptada, obtenida a partir de efluentes sin desinfectar de un proceso de tratamiento biológico de aguas residuales. También se puede obtener la semilla en el cuerpo de agua receptor del vertimiento,

preferiblemente de 3 a 8 km después del punto de descarga. Cuando no se disponga de ninguna de dichas fuentes del inóculo, desarrollar en el laboratorio una semilla adaptada, por aireamiento continuo de una muestra clarificada de agua residual doméstica y adición de pequeños incrementos diarios de aguas residuales. Para obtener la población microbiana inicial, usar una suspensión de suelo, un lodo activado, o una preparación de semilla comercial.<sup>(7)</sup>

### **3.3.6 PRETRATAMIENTO DE LA MUESTRA**

Hay que considerar 4 tipos de muestras a la hora de preparar una muestra:

#### **3.3.6.1 Muestras con alcalinidad cáustica o acidez**

Estas se neutralizan a un pH entre 6.5 y 7.5 con una solución de  $H_2SO_4$  o NaOH de concentración tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más de 0.5%.

#### **3.3.6.2 Muestras con compuestos residuales de cloro**

Si la muestra ha sido clorada pero no presenta cloro residual detectable inocular el agua de dilución, si hay cloro residual dechlorar la muestra e inocular el agua de dilución. En algunas muestras el cloro se elimina si se dejan 102 horas a la luz lo cual puede suceder durante el transporte y manejo de la muestra para muestras en las cuales el cloro residual no se disipa en un tiempo razonablemente corto, eliminar el cloro residual por adición de solución de  $Na_2SO_3$  (tiosulfato de sodio).

### **3.3.6.3 Muestras contaminadas con sustancias tóxicas**

Las aguas residuales provenientes de industrias por ejemplo electroquímicas, contienen metales tóxicos. Estas muestras requieren de estudios especiales y deben ser tratadas antes de medirles la DBO.

### **3.3.6.4 Muestras sobresaturadas con oxígeno disuelto (OD)**

En muestras procedentes de aguas muy frías o aguas en que la producción primaria es alta, los valores de OD a 20°C suelen ser mayores de 9 mg/L de OD (oxígeno disuelto).

### **3.3.7 TÉCNICA DE DILUCIÓN**

Los resultados más acertados se obtienen con diluciones de muestra en las que los valores de OD residual son por lo menos 1 mg/L y un consumo de OD de por lo menos 2 mg/L después de los 5 días de incubación. La experiencia con muestras de diferente origen permiten optimizar el número de diluciones requeridas; la correlación de la DQO con la DBO puede constituir una guía efectiva para la selección de las diluciones más convenientes. Si no se dispone de esta metodología, se pueden emplear las diluciones de 0.0 a 1.0% para efluentes líquidos industriales, 1 a 5% para efluentes industriales no tratados y decantados, 5 a 25% para efluentes con tratamiento secundario o biológico, y 25 a 100% para corrientes contaminadas.

Las diluciones se efectúan en probetas y luego se transfieren a las botellas de DBO, o se preparan directamente en las botellas. Cualquiera de los dos

métodos de dilución puede combinarse con cualquier técnica para medición de OD. El número de botellas a ser preparadas para cada dilución depende de la técnica de análisis del OD y del número de réplicas deseadas. Cuando sea necesaria la inoculación, agregar la semilla directamente al agua de dilución o a cada probeta o botella de DBO antes de la dilución. La inoculación en las probetas evitara la disminución de la relación semilla: muestra cuando se hace un incremento en las diluciones.

#### **3.3.7.1 Diluciones preparadas en probeta.**

Si se emplea el método modificado de la azida para la medición de OD, transvasar cuidadosamente el agua de dilución inoculada si es necesario, hasta llenar la mitad de una probeta de 1 a 2 litros de capacidad por medio de sifón para evitar la entrada de aire. Agregar la cantidad deseada de muestra cuidadosamente mezclada y diluir al nivel apropiado con agua de dilución; mezclar bien con una varilla tipo émbolo y evitar la entrada de aire. Trasvasar la dilución a dos botellas de DBO por medio de sifón. Determinar el OD inicial en una de estas botellas. Tapar herméticamente la segunda botella, con sello de agua, e incubar por 5 días a 20°C.

#### **3.3.7.2 Diluciones preparadas directamente en botellas DBO**

Con una pipeta de boca ancha se agrega el volumen de muestra deseado a diferentes botellas para DBO de volumen conocido. Agregar, a cada botella o al agua de dilución, las cantidades apropiadas de semilla; llenar las botellas con

suficiente agua de dilución, inoculada si es necesario, de tal manera que al insertar el tapón se desplace todo el aire, sin dejar burbujas.

Para diluciones mayores de 1:100 hacer una dilución preliminar en una probeta antes de hacer la dilución final. Preparar dos botellas de cada dilución cuando se empleen los métodos yodométricos de volumetría para la medición del OD; determinar el OD inicial en una de las dos botellas, tapar herméticamente la segunda botella, con sello de agua, e incubar por 5 días a 20°C.

### **3.3.7.3 Determinación del OD inicial**

Si la muestra contiene sustancias que reaccionan fácilmente con el OD, es necesario determinar el OD antes de llenar la botella de DBO con la muestra diluida. Si el consumo de OD inicial es insignificante, el período entre la preparación de la dilución y la medida del OD inicial no es crítico. Emplear el método modificado de la azida (método yodométrico) o el método de electrodo de membrana, para determinar el OD inicial en todas las muestras diluidas, testigos y, si se considera necesario, en los controles de semilla.<sup>(10)</sup>

## **3.3.8 DETERMINACIÓN DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

### **3.3.8.1 Principio**

La determinación de DBO se basa en la determinación de OD a diferentes intervalos de tiempo, consecuentemente la exactitud de los resultados se ve afectada grandemente por el cuidado al efectuar el análisis.

El procedimiento usual recomienda que la temperatura de incubación debe ser constante y ésta es de  $20^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Se llenan dos o más botellas para DBO con la muestra, en caso necesario se añade agua de dilución. Se determina el OD inmediato, al menos a una botella y las otras se incuban a  $20^{\circ}\text{C}$  durante cinco días. Después de este tiempo se les determina la cantidad de oxígeno remanente; la demanda bioquímica de oxígeno será igual a la cantidad de OD inicial menos el OD al quinto día dividido entre el porcentaje de dilución.

### **3.3.8.2 Método**

Para la determinación de DBO se utiliza el método de Winkler modificado para determinar el OD en las muestras que se almacenan por 5 días a  $20^{\circ}\text{C}$  y se procede a la titulación con tiosulfato de sodio.<sup>(13)</sup>

### **3.3.9 FUNDAMENTO DEL METODO DE WINKLER<sup>(13)</sup>**

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 en 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.

### 3.3.9.1 Mecanismo del método de Winkler

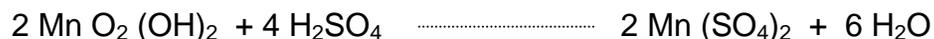
- 1- El sulfato manganoso agregado a una muestra con el hidróxido de potasio reacciona produciendo un precipitado floculento de hidróxido manganoso.



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

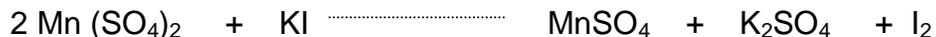


- 3- Agregar ácido sulfúrico hasta que el precipitado se disuelva, formándose sulfato mangánico.



- 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 yodo liberado es equivalente a la masa de oxígeno presente en la muestra, de donde:

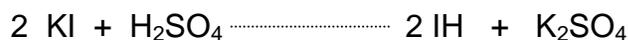
$$8 \text{ g de O}_2 = 127 \text{ g de yodo}$$

$$1 \text{ Eq O} \equiv 1 \text{ Eq de yodo}$$

1 ml de una solución 0.025 N de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  equivale a 0.2 mg de  $\text{O}_2^{(3)}$

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 (OD).



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  $\text{N}_2\text{O}_2$ , produciendo otra vez  $\text{NO}_2$  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.<sup>(13)</sup>

### **3.3.10 IMPORTANCIA DE LA DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO**

Esta prueba es una de las importantes en las actividades de control de contaminación, por su valor es posible determinar el grado de contaminación de las corrientes en cualquier tiempo. Debido a esto se incluye en los análisis regulares designados a evaluar la capacidad de purificación de los cuerpos de agua.

#### **3.3.10.1 Importancia sanitaria.**

La DBO una aplicación amplia en la práctica de ingeniería sanitaria.

Es la prueba principal aplicada a alcantarillados y desperdicios industriales para determinar su fuerza en términos de oxígeno requerido para su estabilización. Es la única prueba que da una medida de la cantidad de materia orgánica biológicamente oxidable que esta presente y que puede ser usada para determinar los grados a los cuales ocurrirá la oxidación, o sea la DBO que será ejercida, sobre el cuerpo del agua receptor. Es por lo tanto el principal criterio usado en el control de la contaminación de corrientes, donde la carga orgánica debe de ser restringida para mantener los niveles de oxígeno disuelto. Esta determinación es usada también en estudios para medir la capacidad de purificación y sirve a las autoridades para regular la calidad de los efluentes descargados a las aguas.

Además es importante en el diseño de sistemas de tratamiento. Siendo un factor en la elección de método de tratamiento y para determinar el tamaño de ciertas unidades, particularmente filtros de goteo y unidades activadas de

sedimentos. Después que las plantas de tratamiento entran en operación, la prueba es usada para evaluar la eficiencia de estas unidades.

En otros países las municipalidades y administraciones de alcantarillados financian los tratamientos de alcantarillados a través de impuestos por uso de alcantarillado. Siendo la DBO uno de los factores normalmente usado en calcular tales impuestos, particularmente donde se usan tratamiento secundarios empleando procesos biológicos.<sup>(11)</sup>

### **3.4 OXIGENO DISUELTO (OD)**

La determinación de oxígeno disuelto (OD) es el fundamento del cálculo de la DBO y de la valoración de las condiciones de aerobividad de un agua.

Todo proceso aerobio requiere una concentración de OD mayor de 0.5 mg/L.

El oxígeno es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua. Su presencia es esencial para mantener las formas superiores de vida biológica y el efecto de una descarga de desechos en un río se determina principalmente por el balance de oxígeno del sistema.

Desafortunadamente el oxígeno es poco soluble en el 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 y además las aguas saturadas de oxígeno tienen un sabor agradable.<sup>(14)</sup> La demanda de oxígeno de las aguas residuales y de los

efluentes de plantas de tratamiento de aguas residuales, domésticas e industriales, se debe a tres diferentes clases de materiales:

- a) Material orgánico carbonoso, utilizable como fuente de alimento para los organismos aeróbicos.
- b) Nitrógeno oxidable, derivado de nitritos, amoníaco y compuestos de nitrógeno orgánico que sirven como alimento a bacterias específicas (nitrosomas y nitrobacter).
- c) Ciertos compuestos químicos reductores (hierro ferroso, sulfitos, sulfuros y aldehídos) que reaccionan con el oxígeno disuelto molecular.

En aguas residuales domésticas, gran parte de la demanda de oxígeno se debe a la primera clase de materiales y se determina por la prueba de DBO (cinco días). En efluentes tratados biológicamente, la oxidación de los compuestos de la segunda clase y también determinarse por la misma prueba.<sup>(12)</sup>

El oxígeno disuelto: Es una medida del oxígeno que se encuentra disuelto en el agua debido a la solubilidad que este gas presenta en este elemento vital.

#### **3.4.1 Significado sanitario del Oxígeno Disuelto**

En desperdicios líquidos, el oxígeno disuelto es el factor que determina si los cambios biológicos serán realizados por medio de organismos aeróbicos o anaeróbicos. En el primer caso el oxígeno libre sirve para oxidar las materias orgánicas e inorgánicas y producir productos finales inofensivos.

En cambio en los procesos anaeróbicos se realizan tales oxidaciones a través de la reducción de ciertas sales orgánicas, como los sulfatos y los productos finales son frecuentemente muy dañinos.

Ya que ambos tipos de organismos se encuentran en el agua, es bien importante que se mantengan condiciones favorables a los organismos aeróbicos (condiciones aeróbicas); de otra forma los organismos anaeróbicos se desarrollarán más y resultarán condiciones indeseables.

Altas concentraciones de oxígeno disuelto son vitales para mantener las condiciones aeróbicas en aguas naturales que reciben materias contaminadas y en procesos de tratamiento aeróbico que se utilizan para purificar desperdicios industriales y domésticos.<sup>(11)</sup>

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

## 4.0 DISEÑO METODOLÓGICO

### 4.1 TIPO DE ESTUDIO

Se llevo acabo un estudio retrospectivo: porque se han tomado estudios anteriores donde han utilizado la DBO.

**Analítico** ya que realizo el estudio como un preámbulo a la validación del método de la DBO, para el Laboratorio Físicoquímico de Aguas.

**Experimental:** porque se lleva acabo mediante análisis realizados a muestra tomadas en diferentes puntos muestreados y posteriormente tratarlas con la técnica de la DBO`5 dentro del Laboratorio Físicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

### 4.2 INVESTIGACIÓN BIBLIOGRAFICA

Es la parte del diseño metodológico en la cual se lleva acabo la revisión de diferentes libros y paginas electrónicas del Internet, que tienen contenidos relacionados al tema de investigación dicha investigación se realizo en los siguientes lugares:

- Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia “Dr. Benjamín Orozco”
- Biblioteca de la Facultad Multidisciplinaria de Occidente.
- Biblioteca Central de la Universidad de El Salvador
- Páginas electrónicas en Internet.

### **4.3 INVESTIGACION DE CAMPO**

Las muestras para esta investigación se tomaron en la colonia Ciudad Real de San Sebastián Salitrillo Municipio de Santa Ana en la cual se tomaron muestras de agua residuales domesticas provenientes de la planta de tratamiento de aguas residuales que se encuentran en dicha colonia, también se realizo en la Tenería El Búfalo y en el Rastro Municipal ubicados en la ciudad de Santa Ana donde se tomaron muestras de aguas residuales provenientes de los desechos de cada lugar.

#### **4.3.1 UNIVERSO**

Son las aguas residuales de tipo ordinarias y aguas residuales de tipo especial. Las de tipos ordinarias son las aguas residuales provenientes de los desechos domésticos y las especiales son las que provienen de las industrias. (ver pagina 28)

#### **4.3.2 MUESTRA**

De los 14 grupos de aguas residuales especiales se tomaron muestras al azar, se realizó por medio de un sorteo aleatorio para lo cual se utilizó la formula siguiente:

$$\text{Grupos} = P \sqrt{\text{universo}}$$

Donde  $P = 0.5$  y Universo = 14

Se obtuvo el número de muestras a utilizar por medio de muestreo aleatorio así:

$$\text{Grupos} = 0.5 \sqrt{14} = 1.87 \approx 2 \text{ grupos}$$

Dando como resultado 2 grupos que se tomaron de las aguas residuales especiales los cuales son: El grupo de animales vivos y productos del reino animal y el grupo de pieles, cueros, talabartería y peletería.

Pero estos grupos cuentan a la vez con una serie de subgrupos cada uno por lo cual se utilizó nuevamente el sorteo aleatorio para seleccionar los subgrupos con los que se trabajo de la siguiente manera:

$$\text{Subgrupos} = P \sqrt{\text{grupos}}$$

Donde  $P = 0.5$  y  $\text{grupos} = 2$

$$\text{subgrupos} = 0.5 \sqrt{2}$$

Subgrupos = 0.77  $\approx$  1 subgrupo

Dando como resultado un subgrupo, por lo cual del grupo de animales vivos y productos del reino animal se tomó el subgrupo “matanza de ganado y preparación y conservación de carnes”, por lo que se tomaron muestras de agua residual del Rastro Municipal de Santa Ana. Y del grupo de pieles, cueros, talabarterías y peletería se tomo el subgrupo de “curtidurías y talleres de acabados”.

Por lo que se tomaron muestras de agua residual provenientes de la Tenería el Búfalo ubicada también en la ciudad de Santa Ana.

Del grupo de aguas residuales ordinarias que solo cuenta con un grupo que es el de las aguas residuales domesticas se tomó muestras de aguas provenientes de la colonia Ciudad Real de San Sebastián Salitrillo Municipio de Santa Ana

obtenidas del Río el Sauce que es donde desembocan las aguas residuales que son tratadas en la planta de tratamiento para aguas residuales con que cuenta dicha colonia. Por lo tanto se utilizaron 3 tipos de muestras, 2 de aguas residuales especiales y 1 de aguas residuales domesticas.

#### **4.4 PARTE EXPERIMENTAL**

Material, equipo y reactivos: ver anexo N° 5

##### 4.4.1 RESUMEN DEL METODO.

La determinación de la demanda bioquímica de oxígeno (DBO), es una prueba empírica en la cual se usan procedimientos de laboratorio estandarizados para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de aguas de desechos, efluentes y aguas contaminadas. La prueba tiene una amplia aplicación en la medida de carga de desechos para plantas de tratamiento y en la evaluación de la eficiencia de remoción de DBO de tales sistemas de tratamiento. La prueba mide el oxígeno molecular utilizado durante un periodo de incubación especificado para la degradación bioquímica de material orgánico (demanda carbonácea), y el oxígeno usado para oxidar el material inorgánico tales como sulfuros y hierro ferroso. También puede medir la cantidad de oxígeno usado para oxidar las formas reducidas de nitrógeno (demanda de nitrógeno) a menos que su oxidación sea prevenida por un inhibidor. Los procedimientos de dilución y siembra proveen un estimado de la DBO a pH 6.5 a 7.5.

El método consiste en llenar con muestra, hasta rebosar un frasco hermético del tamaño especificado, e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación y el DBO se calcula mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto inicial y el final. Debido a que el oxígeno disuelto se determina inmediatamente después de hacer la dilución, toda la captación de oxígeno que ocurre después de esta medida esta incluida en el DBO.

#### **4.4.2 MUESTREO, PRESERVACION Y TRANSPORTE DE MUESTRAS**

Se colectaron las muestras en frascos de vidrio, se llenaron por completo y cerrados herméticamente.

Se preserva la muestra por debajo de 4° C en hieleras, desde que se toma la muestra hasta la entrega en el laboratorio.

#### **4.4.3 ANALISIS DE LA MUESTRA**

- a) Tomar el pH de la muestra, si está fuera del rango de 6.5 – 7.5 ajustarlo según convenga con NaOH 1N ó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N, tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en más de 0.5%.
- b) Preparar el agua de dilución (ver anexo nº 7 figura nº 1).
- c) Preparar un lote de frascos para DBO por duplicado etiquetándolos de la siguiente manera: frascos para blancos de reactivos, muestras con su número correlativo, sus respectivas diluciones, fecha de siembra y simiente

control cuando está se utilizó (para simiente control ver anexo nº 8 figura nº 4).

- d) Medir los mililitros de muestra equivalentes a cada porcentaje de muestra a sembrar directamente en el frasco de DBO, tomar en cuenta que la capacidad del frasco es  $\pm 300$  ml.
- e) Preparar los frascos para blancos agregando solo agua de solución hasta rebosar.
- f) Luego llenar los frascos conteniendo muestras con agua de dilución, se el pH de la muestra está en el rango de 6.5 – 7.5.
- g) Cuando el pH de la muestra está fuera del rango de 6.5 – 7.5 sembrar el remanente de agua de dilución con simiente control y llenar los frascos que lo necesitan.
- h) Cerrar los frascos herméticamente, descartar el sello hidráulico, homogenizar y verificar que no queden burbujas de aire para evitar error en las mediciones.
- i) Incubar a  $20 \pm 1^\circ$  C por 5 días los duplicados de cada frasco preparado.
- j) Destapar el otro set de frascos y agregar sucesivamente 2 ml de sulfato manganeso y 2 ml de álcali yoduro azida.
- k) Cerrar los frascos herméticamente y descartar el remanente que queda alrededor del tapón.

- l) Mezclar las muestras invirtiendo varias veces los frascos, sedimentar hasta que el floculo formado haya sedimentado hasta la mitad del volumen del frasco, repetir esta acción dos veces.
- m) Destapar todos los frascos y agregar 2 ml de  $H_2SO_4$  concentrado.
- n) Cerrar herméticamente todos los frascos, descartar el remanente que queda alrededor del tapón. Mezclar invirtiendo varias veces hasta la dilución del floculo formado.
- ñ) Preparar una probeta de 100 ml. El criterio para seleccionar el volumen de muestra a titular es:  
Titular un volumen correspondiente a 200.0 ml de muestra, tras corregir la pérdida de volumen por desplazamiento debido a los reactivos agregados, en total 4 ml (2 ml de sulfato manganoso y 2 ml de álcali yoduro azida) para el caso del frasco de DBO de 300 ml hacer el cálculo de la siguiente manera:
- o) Destapar todos los frascos de DBO y con una probeta de 100 ml medir 97 ml de solución de cada frasco de 300 ml de DBO y descartarlos, repetir para cada uno de los frascos.
- p) Introducir en cada frasco para DBO conteniendo 203 ml de solución una barra agitadora.
- q) Preparar la bureta, llenar con el titulante y desgasificar, llevar a cero y titular con tiosulfato de sodio 0.025N agitando continuamente hasta un color

amarillo pálido, agregar 1 ml de solución de almidón y continuar valorándose hasta la primera desaparición de color azul.

- r) Anotar los mililitros de tiosulfato de sodio 0.025N consumidos en cada titulación.
- s) Después de 5 días de incubación, retirar de cada frasco el sello hidráulico, sacar los frascos de la incubadora.
- t) Determinar el oxígeno en los literales 16 hasta 19.

#### 4.4.4 PROCEDIMIENTO PARA LA DETERMINACION DE LA CURVA DE CALIBRACION DE LA SOLUCION PATRON DE GLUCOSA – ACIDO GLUTAMICO.

##### 4.4.4.1 RESUMEN DEL METODO

##### **Demanda bioquímica de O<sub>2</sub> carbonoso (DBOC)**

La primera fase de la reacción de la DBO, incluye la oxidación del sustrato, osea la materia carbonosa. El curso de la reacción evidenciado por los cambios en el contenido de materia orgánica, el número de bacterias y el consumo de O<sub>2</sub> se muestra en los gráficos siguientes:

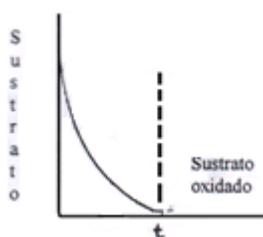


Figura N. 1 Oxidación del sustrato

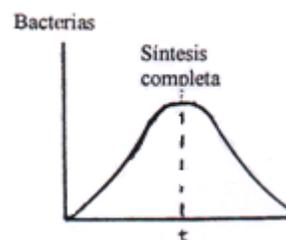


Figura N. 2 Números de bacterias

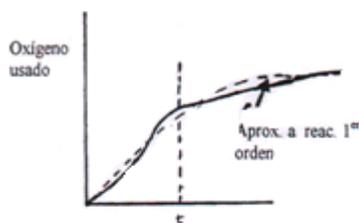


Figura N.3 Consumo de Oxígeno

La reacción se asemeja a una reacción de primer orden. El  $O_2$  requerido “y”, se aproxima a la asíntota, o demanda última “ $L_o$ ” y la velocidad “ $K_1$ ”, es proporcional a la cantidad de  $O_2$  que demanda el material:

$$\frac{dy}{dt} = K_1 \cdot (L_o - y) \quad (1)$$

Integrando:

$$y = L_o \left[ 1 - e^{-(k_1 \cdot t)} \right] \quad (2)$$

Donde:

y:  $O_2$  consumido a un tiempo t

$L_o$ :  $O_2$  cantidad de  $O_2$  total para oxidar la materia orgánica presente al principio de la reacción.

t: tiempo de días

$K_1$ : velocidad de reacción

Se sabe que:

$$Y: L_o - L$$

Reemplazando en (2):

$$L = L_o \cdot e^{-(K_1 \cdot t)} \quad (3)$$

O lo que es lo mismo:

$$DBO_U = DBO_U \cdot e^{-(K_1 \cdot t)} \quad (4)$$

Usualmente, el valor de la  $DBO_u$  que se emplea es el valor que se obtiene luego de cinco días de ensayo, y se expresa como  $DBO_5$ . La relación de la  $DBO_5$  con la  $DBO_u$ , que es la que se ejerce en 30 días de ensayo, depende del material de que se trate, pero en términos generales se establece como:

$$DBO_u = 1.5 \cdot DBO_5 \quad (5)$$

Existen varios métodos para determinar el valor de la velocidad de reacción “k”.

Fundamentalmente se determinan tres tipos de velocidades de reacción:

$$K_1 < K_d < K_r$$

Donde

$K_1$  : velocidad de reacción de laboratorio

$K_d$  : velocidad de desoxigenación de campo

$K_r$  : velocidad de reacción de campo

En el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas se determino únicamente la velocidad de reacción de laboratorio.

El motivo por el cual  $K_r$  es mayor que  $K_d$ , es porque se incluye el efecto de la sedimentación de materia orgánica. A su vez, ambas son mayores que  $K_1$ , debido a la diferencia de ambientes en los cuales se determinan.

#### 4.4.4.2 Método de laboratorio

Se deben realizar determinaciones de DBO diarias, desde el día uno hasta el día treinta. Se sabe que:

$$DBO_{(t)} = DBO_U \cdot e^{-(K_1 \cdot t)}$$

$$DBO_U - Y_{(t)} = DBO_U \cdot e^{-(K_1 \cdot t)}$$

Siendo:

$DBO_U$  : la DBO al tiempo  $t = 0$  ( valor máximo de DBO = DBO 30 días)

$Y_{(t)}$  : consumo de oxígeno al tiempo (t) (DBO al día 1, 2, ....., 30)

Aplicando logaritmo natural a ambos miembros de la igualdad tenemos:

$$(K_1 \cdot t) \quad \ln [DBO_U - Y_{(t)}] = \ln DBO_U - (K_1 \cdot t)$$

Graficando los logaritmos en función del tiempo, tenemos:

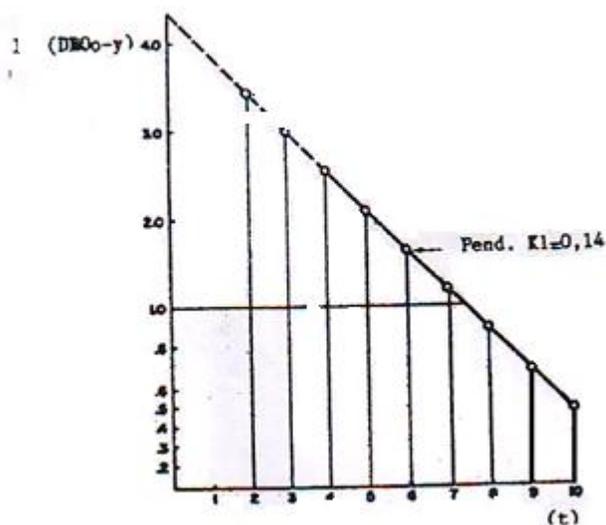


Figura N. 4 Representación grafica de  $\ln (DBO_U - y)$  Vrs.  $t$

Siendo la pendiente el valor de  $K_1$  y la  $DBO_0$  la ordenada en el origen.

En el trabajo realizado solamente se pudo analizar durante quince días los cuales no se realizaron de forma consecutiva ya que no se pudo ingresar al laboratorio los fines de semana.

#### **4.4.5 ANALISIS DE LA CURVA DE CALIBRACION DE LA SOLUCION PATRON DE GLUCOSA – ACIDO GLUTAMICO**

##### **4.4.5.1 Análisis de la muestra**

- a) Preparar la solución patrón de glucosa – ácido glutámico: ver anexo N° 11
- b) Preparar la solución de semilla control: ver anexo N° 8
- c) Preparar un lote de 14 frascos por duplicado etiquetándolos de la siguiente manera: Frascos conteniendo 0.5 ml de semilla desde el día cero hasta el día 14 y frascos conteniendo 1 ml de semilla desde el día cero hasta el día 14.
- d) Llenar los frascos a rebosar con la solución patrón de glucosa – ácido glutámico, cerrar los frascos herméticamente, verificar que no queden burbujas de aire para evitar error en las mediciones.
- e) Incubar a  $20^{\circ} C \pm 1^{\circ}C$  los 2 sets de frascos, menos los frascos del día cero, conteniendo 0.5 ml y 1 ml de semilla.
- f) Destapar los frascos de día cero y agregar sucesivamente 2 ml de sulfato manganoso y 2 ml de álcali yoduro azida.
- g) Cerrar los frascos herméticamente y descartar el remanente que queda alrededor del tapón.

- h) Mezclar las muestras invirtiendo varias veces los frascos, sedimentar hasta que el floculo formado haya sedimentado hasta la mitad del volumen del frasco.
- i) Destapar los dos frascos y agregar 2 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado.
- j) Cerrar herméticamente los frascos, mezclar invirtiendo varias veces hasta la dilución del floculo formado.
- k) Preparar una probeta de 100 ml, el criterio para seleccionar el volumen de muestra a titular es: Titular un volumen correspondiente a 200 ml de muestra tras corregir la perdida por desplazamiento debido a los reactivos agregados, en total 4 ml ( 2 ml de sulfato manganoso y 2 ml de álcali yoduro azida) para el caso del frasco de DBO de 300 ml hacer el calculo de la siguiente manera:

$$\frac{200ml \times 300}{300 - 4} = 202.70ml \approx 203.0 \text{ ml}$$

- l) Destapar los frascos de DBO y con una probeta de 100 ml extraer 97 ml de solución de cada frasco de 300 ml de DBO y descartarlos.
- m) Introducir en cada frasco para DBO conteniendo 203 ml de solución una barra agitadora.
- n) Preparar la bureta ambientándola, llenando con el titulante, llevar a cero y titular con tiosulfato de sodio 0.025N agitando continuamente hasta un color amarillo pálido, agregar 1 ml de solución de almidón y continuar valorando hasta la primera desaparición del color azul.

- ñ) Anotar los mililitros de tiosulfato de sodio 0.025N consumidos en cada titulación.
- o) Después de 1 día de incubación repetir el procedimiento y determinar el oxígeno disuelto de los frascos del día uno siguiendo el procedimiento indicado en los literales f) hasta el ñ) y así repetir sucesivamente cada día hasta el día 14.

**CAPÍTULO V**  
**RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

## 5.0 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

### 5.1 OBTENCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DE LA SOLUCION PATRON DE GLUCOSA – ACIDO GLUTAMICO.

Para la obtención de la velocidad de oxidación de la solución de glucosa ácido glutámico se preparo la solución patrón agregando 150 mg de glucosa y 150 mg de ácido glutámico se llevó a volumen de un litro dando una solución transparente de la cual se tomo 4 alícuotas a diferente porcentajes para 0.25% se tomo 0.75 mL, para 0.50% se tomo 1.5 mL, para 1% se tomo 3 mL y para 2% se tomo 6 mL respectivamente con las cuales se prepararon 2 sets de 4 frascos para DBO y su respectivo, blanco el cual era solo agua de dilución los ocho frascos se llenaron con agua de dilución (ver preparación en anexo N° 7) los primeros cuatro se titularon al inicio y los otros cuatro después de 5 días de incubación a 20° C dando como resultado los siguientes valores.

**Tabla N° 1 Valores obtenidos para calcular la DBO de la solución patrón de Glucosa-Acido glutámico**

Muestras	ml de solución patrón agregados al frasco de Winkler	Dilución % de la solución patrón	OD Inicial	OD Final	Diferencia (OD <sub>i</sub> – OD <sub>f</sub> )	Factor de dilución	Resultado de DBO en mg/L
Blanco			7.50	7.50	0.00		
Solución Glucosa Acido Glutámico A	0.75	0.25	8.10	7.90	0.20	400.00	80.00
Solución Glucosa Acido Glutámico B	1.50	0.50	7.60	7.30	0.30	200.00	60.00
Solución Glucosa Acido Glutámico C	3.00	1.00	7.50	6.20	1.30	100.00	130.00
Solución Glucosa Acido Glutámico D	6.00	2.00	7.70	6.00	1.70	50.00	85.00
<b>DBO = 88.75 mg/L</b>							

**Para frasco A**

**Diferencia = OD inicial - OD final**

**Diferencia = 8.10 - 7.90 = 0.20**

**Factor de dilución:  $\frac{\text{Volumen aforado}}{\text{Volumen tomado}}$**

Para 0.25%

0.25 ml de solución de glucosa – ácido glutámico  $\longrightarrow$  100 ml de H<sub>2</sub>O dilución

**X**  $\longleftarrow$  300 ml de H<sub>2</sub>O dilución

**X = 0.75 mL de solución patrón**

Se tomaron 0.75 mL de solución patrón de glucosa - ácido Glutámico, se agregaron en un frasco de DBO y se llenó con 300 ml de agua de dilución, cuyo factor de dilución se obtuvo de la siguiente manera (ver anexo N° 5 preparación de glucosa ácido glutámico solución patrón)

**0.75 mL** solución patrón  $\longrightarrow$  **300 mL**  
De agua de dilución

$$FD = \frac{300 \text{ mL}}{0.75 \text{ mL}} = 400$$

**Resultado mg/L**

Resultado de mg/L = factor de dilución x diferencia de OD inicial – OD final

Resultado de mg/L = 400 x 0.20 = 80.00

**DBO** para la solución patrón de glucosa – ácido glutámico:

DBO = Resultado en mg/L de frasco A + frasco B + frasco C + frasco D

4

**DBO = 88.75 mg/L**

Y de igual manera se hicieron para todos los porcentajes de dilución utilizados, en las otras muestras.

De estos valores podemos decir que fueron aceptables, para poder ser utilizados en la comparación con los resultados obtenidos de las muestras de aguas residuales domésticas y con las aguas residuales de la tenería y del rastro ya que la diferencia entre los valores residuales y finales de OD cumplen con el criterio que se aplica para definir la dilución de la muestra la cual es que los resultados serán confiables si consumen por lo menos 2 mg/L de oxígeno disuelto.

## **5.2 OBTENCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DE MUESTRAS ORDINARIAS.**

Para la obtención de la velocidad de oxidación de muestras de aguas residuales domésticas se utilizaron aguas residuales provenientes de la colonia Ciudad Real de Santa Ana, dichas aguas presentaban un color turbio con sólidos suspendidos, de dicha muestra se tomaron tres alícuotas de diferentes porcentajes; para 0.25% se tomaron 0.75 mL, para 0.50% se tomo 1.5 mL y para 1% se tomaron 3 mL se colocaron en los respectivos frascos de DBO y se

llevaron a volumen con agua de dilución (ver preparación con anexo nº 7) se llevaron por duplicado para titular los frascos al inicio y los otros después de 5 días de incubación a 20°C dando como resultado los valores siguientes:

**Tabla N° 2 Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestras de aguas residuales domésticas**

Muestras	MI de Mx de agua doméstica agregados al frasco de Winkler	Dilución % de Mx de agua doméstica	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado
Blanco			7.50	7.50	0.00		
Agua Residual Domestica A	0.75	0.25	7.80	7.00	0.80	400.00	320.00
Agua Residual Domestica B	1.5	0.50	7.70	7.00	0.70	200.00	140.00
Agua Residual Domestica C	3.0	1.00	7.60	6.90	0.70	100.00	70.00
<b>DBO de muestra de Aguas domesticas = 176.67 mg/L</b>							

De dichos valores se puede decir que son aceptables para poder prepararlos con los valores obtenidos de la solución patrón de glucosa- ácido glutámico ya que la diferencia entre los valores iniciales y finales de OD después de 5 días de incubación están dentro del límite de criterio que se ocupa para definir la dilución adecuada de la muestra que es aquella que las muestras serán confiables si consumen por lo menos 2 mg/L de oxígeno disuelto.

### 5.3 OBTENCION DE LA DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO DE MUESTRA DE TIPO ESPECIAL.

Para la obtención de las muestras de tipo especial se utilizaran 2 tipos de aguas; la primera proveniente de la tenería el búfalo ubicada en la ciudad de Santa Ana la cual era de color azul con sólidos suspendidos blancos y partículas de grasa, tenia un pH de 1 el cual era demasiado acida por lo cual se tomaron 4 alícuotas de 0.25 mL, 0.52 mL, 0.75 mL y 1.0 ml, se colocaron en sus respectivos frascos de DBO que se llevaron por duplicado, luego se llevaron a volumen con agua de dilución (ver preparación anexo nº 7) luego se titularon con tiosulfato de sodio 0.025N al inicio y luego los otros frascos al final después de incubarlos por 5 días a 20° C dando como resultado los siguientes valores:

**Tabla N° 3 Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestra de aguas residuales de la tenería**

Muestras	Dilución % de Mx de agua de tenería	Alícuota Tomadas (ml) de Mx de agua de tenería	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado
Blanco			7.80	7.40	0.40		
Agua Residual De Tenería A	0.08	0.25	7.80	7.30	0.50	1200.00	600.00
Agua Residual De Tenería B	0.16	0.50	7.70	7.70	0.00	600.00	0.00
Agua Residual De Tenería C	0.25	0.75	7.90	7.90	0.00	400.00	0.00
Agua Residual De Tenería D	0.33	1.00	7.90	7.80	0.10	300.00	30.00
<b>DBO muestra de tenería = 600.00 mg/L</b>							

El dato de 30 ppm en la muestra D no es representativo por lo que no se toma en cuenta en el calculo del DBO.

Las segundas muestras de aguas fueron las provenientes del rastro municipal de Santa Ana estos eran de color rojo característico a sangre, tenían un pH de 7 de esta se tomaron 4 alícuotas las cuales fueron una de 0.25 mL, 0.5 mL, 0.75 mL y 1.0 mL se colocaron en sus respectivos frascos de DBO se llevaron por duplicado y con su respectivo blanco, se titularon con tiosulfato de sodio 0.025N al inicio y al final después de 5 días de incubación a 20°C dando como resultado los siguientes valores:

**Tabla N° 4 Valores obtenidos para calcular la DBO de la muestra de aguas residuales del Rastro Municipal**

Muestras	Dilución % de Mx de agua de Rastro	Alícuota Tomada (ml) de Mx de Rastro	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado
Blanco			7.80	7.40	0.40		
Agua residual de rastro A	0.08	0.25	7.80	6.50	1.30	120.00	1560.00
Agua residual de rastro B	0.16	0.50	7.80	5.50	2.30	600.00	1380.00
Agua residual de rastro C	0.33	1.00	7.90	4.50	3.40	400.00	1360.00
Agua residual de rastro D	0.67	2.00	7.60	3.20	4.40	300.00	1320.00
<b>DBO agua residual = 1405.00 mg/L De rastro</b>							

De ambas muestras, los resultados reflejan que el consumo de oxígeno de la materia orgánica después de la incubación por 5 días a 20°C es aceptable respecto a la naturaleza de dichas aguas, ya que se observa que la diferencia

entre los valores iniciales y finales de OD de las aguas de la tenería están entre 0.1 y 0.7 significativo de aguas residuales cargadas de componentes químicos y las del rastro municipal dan una diferencia entre 1.3 y 4.4 lo que indican un gran consumo de oxígeno por la materia orgánica oxidable, ya que son aguas residuales que contienen una gran cantidad de materia orgánica puesto que su composición es básicamente sangre, fluidos biológicos y grasa animal.

#### **5.4 COMPARACIÓN DE LOS DATOS OBTENIDOS EN LAS MUESTRAS ORDINARIAS Y MUESTRAS ESPECIALES CON LA SOLUCION PATRÓN DE GLUCOSA – ACIDO GLUTAMICO.**

Al comparar los resultados obtenidos de la muestra de agua doméstica de la colonia Ciudad Real de Santa Ana, las de la muestra de la tenería y de rastro municipal también de la ciudad de Santa Ana con los resultados de la solución patrón de glucosa - ácido glutámico podemos ver que la DBO obtenida de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico es de 88,75, la DBO de las aguas residuales domésticas es de 176,67 y la DBO de las aguas residuales de la tenería es de 157,50 lo que refleja que las muestras de las aguas residuales tienen un comportamiento similar al de la solución patrón a diferencia de la muestra de las aguas residuales del rastro municipal que da un DBO de 1,405,00 , un valor esperado respecto a la naturaleza de la muestra ya que esta contiene una gran cantidad de materia orgánica que demanda más oxígeno en

la muestra, en comparación con las otras muestras que contienen una variedad de componentes químicos que derivan de su origen.

**Tabla N° 5: Datos de la solución patrón de Glucosa – Acido Glutámico**

mL solución patrón	Dilución % de solución patrón	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado mg/L
		7.50	7.50	0.00		
0.75	0.25	8.10	7.90	0.20	400.00	80.00
1.5	0.50	7.60	7.30	0.30	200.00	60.00
3.0	1.00	7.50	6.20	1.30	100.00	130.00
6.0	2.00	7.70	6.00	1.70	50.00	85.00
<b>DBO = 88.75 mg/L</b>						

**Tabla N° 6: Datos de la muestra de aguas Residuales Domésticas**

mL de Mx de aguas residuales domésticas	Dilución % de Mx de aguas residuales domésticas	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado Mg/L
		7.50	7.50	0.00		
0.75	0.25	7.80	7.00	0.80	400.00	320.00
1.5	0.50	7.70	7.00	0.70	200.00	140.00
3.0	1.00	7.60	6.90	0.70	100.00	70.00
<b>DBO = 176.60 mg/L</b>						

**Tabla N° 7: Datos de la muestra de Aguas Residuales de tenería**

Dilución % de Mx de aguas residuales de tenería	Dilución mL de Mx de aguas residuales de tenería	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado mg/L
		7.80	7.40	0.40		
0.08	0.25	7.80	7.30	0.50	120.00	600.00
0.16	0.50	7.70	7.70	0.00	600.00	0.00
0.33	0.75	7.90	7.90	0.00	400.00	0.00
0.67	1.00	7.90	7.80	0.10	300.00	30.00
<b>DBO muestra = 600.00 mg/L</b>						

**Tabla N° 8: Datos de la muestra de Aguas Residuales de Rastro Municipal**

Dilución % de Mx de aguas residuales de Rastro	Dilución mL de Mx de aguas residuales de Rastro	OD Inicial	OD Final	Diferencia	Factor	Resultado mg/l
		7.80	7.40	0.40		
0.08	0.25	7.80	6.50	1.30	120.00	1560.00
0.16	0.50	7.80	5.50	2.30	600.00	1380.00
0.33	1.00	7.90	4.50	3.40	400.00	1360.00
0.67	2.00	7.60	3.20	4.40	300.00	1320.00
<b>DBO = 1405.00 mg/L</b>						

## **5.5 ELABORACION DE LA CURVA DE CALIBRACION DE GLUCOSA ACIDO GLUTAMICO.**

Para la elaboración de dicha curva se preparo una solución con 0.6g de glucosa y 0.6g de acido glutámico y se llevo a volumen de 4,000ml con agua destilada, dando una solución transparente luego se prepararon el simiente control (semilla) se dejo reposar una muestra de agua residual para sedimentar sólido, del remanente se tomo 3mL y se agrego en un balón volumétrico de 1000 mL y se llevo a volumen con agua destilada dando una solución incolora.

Posteriormente se prepararon 2 sets de 15 frascos para DBO, se rotularon desde el día cero hasta el día 14. Al primer sets de 14 frascos se le agrego 0.5mL de semilla, tomados de la solución preparada para simiente control y luego se llenaron hasta rebosar con la solución de glucosa- acido glutámico.

Al segundo sets de 14 frascos se le agrego 1 mL de la solución semilla y se llenaron los frascos hasta rebosar con la solución de glucosa- acido glutámico.

Se titularon los frascos del día cero con tiosulfato de sodio 0.025N, luego al siguiente día los resultados con día uno y así sucesivamente se titularon a diario hasta el día 15 obteniendo los siguientes valores:

**Tabla N° 9 Datos obtenidos de la tabulación de los frascos conteniendo 0.5 ml de semilla**

Día	0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14
mL gastados de tiosulfato de sodio 0.025 N	7.95	7.80	5.65	6.45	5.05	4.50	5.05	3.10	2.55	1.55	2.00
T° por día °C	22.0	22.5	24.9	21.7	21.3	21.3	21.8	22.4	21.8	22.0	23.7
DBO		0.15	2.3	1.5	2.45	3.45	2.45	4.85	5.4	6.4	5.95
DBO <sub>U</sub> - DBO		2.10	-0.05	1.05	-0.20	-1.2	-0.2	-2.60	-3.15	-4.15	-3.7
Ln DBO <sub>U</sub> - DBO		0.7419	----	0.0497	----	----	----	----	----	----	----

**Tabla N° 10 Datos obtenidos de la tabulación de los frascos conteniendo 1.0 ml de semilla**

Día	0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14
mL gastados de tiasulfato de sodio 0.025 N	7.95	7.65	5.75	6.25	6.10	5.88	5.70	4.20	---	3.05	2.70
T° por día en °C	22.0	22.5	24.9	21.7	21.3	21.3	21.8	22.4	21.8	22.0	23.7
DBO		0.3	2.2	1.7	1.85	2.1	2.25	3.75	----	4.9	5.25
DBO <sub>U</sub> - DBO		2.25	0.35	0.85	0.7	0.45	0.3	-1.2	----	-2.35	-2.7
Ln DBO <sub>U</sub> - DBO		0.8109	-1.050	-0.1625	-0.3566	-0.7985	-1.2090	----	----	----	----

Dichos valores fueron obtenidos de la siguiente manera:

Ejemplo:

Trabajando para día uno con 0.5 ml de semilla

\* Para DBO

ml de Tiosulfato de sodio \_\_\_\_\_ mL de Tiosulfato de sodio gastados día uno = DBO

1 mL de tiosulfato de sodio es  $\approx$  1 mg de OD

**DBO = 7.95 - 7.8 = 0.15 para día uno**

\* **DBO<sub>U</sub> - DBO**

Donde:

DBO<sub>U</sub> = 1.5 DBO<sub>5</sub>

DBO<sub>5</sub> = mL de Tiosulfato de sodio  
Gastados al día 5 de incubación = 1.5

**DBO<sub>U</sub> = 1.5 x 1.5 = 2.25**

DBO<sub>U</sub> - DBO = 2.25 - 0.15 = 2.10 para día uno

\* **Ln DBO<sub>U</sub> - DBO = Ln 2.10 = 0.7419**

De dichos datos se grafica **Ln DBO<sub>U</sub> - DBO Vrs. t (días)**

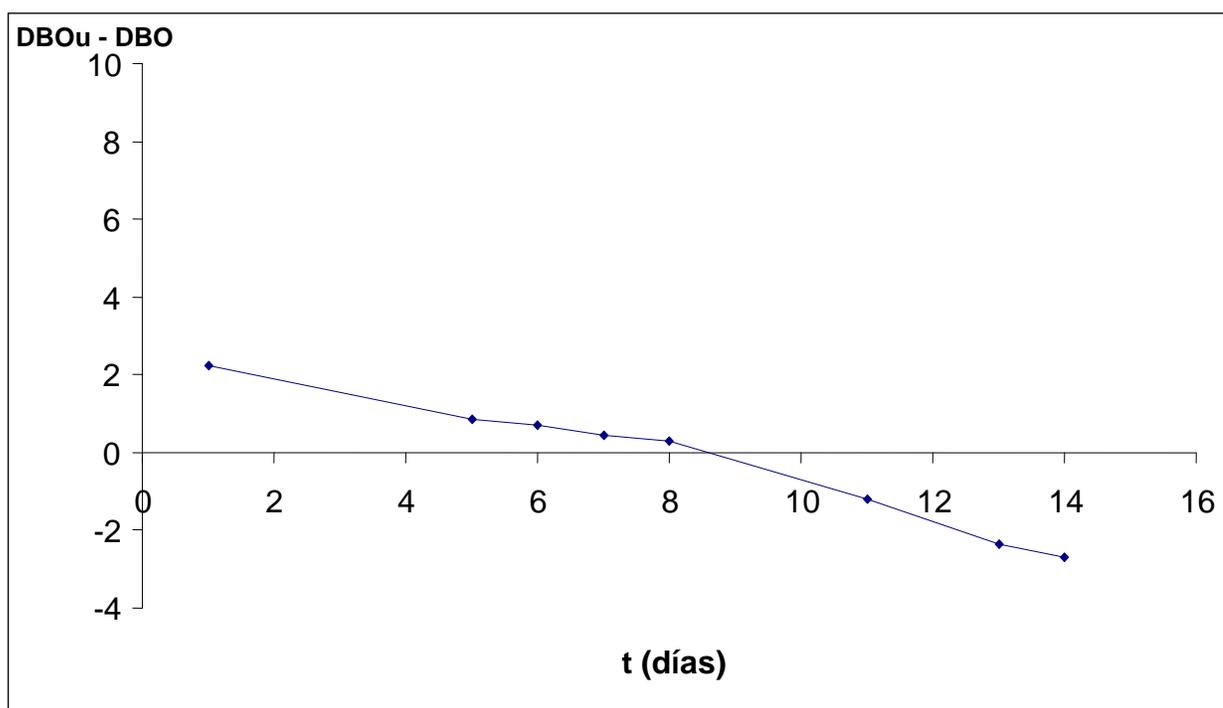
**Tabla N° 11 Datos de DBO<sub>U</sub> - DBO(y) y sus respectivos logaritmos naturales para alícuota de 1.0 ml de semilla**

X (días)	0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14
Y (DBO <sub>U</sub> - DBO)		2.25	0.35	0.85	0.7	0.45	0.30	-1.2	---	-2.35	-2.7
Ln Y		0.81	-1.10	-0.16	-0.35	-0.79	-1.20	----	---	----	----

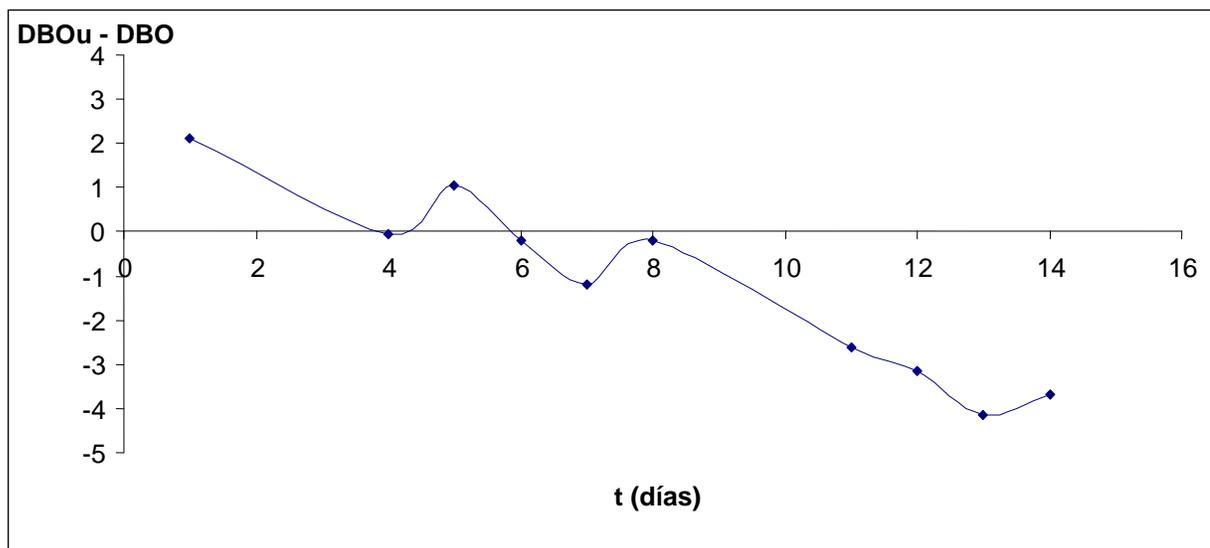
**Tabla N° 12 Datos de  $DBO_u - DBO(y)$  y sus respectivos logaritmos naturales para alícuota de 0.5 ml de semilla**

X (días)	0	1	4	5	6	7	8	11	12	13	14
Y ( $DBO_u - DBO$ )		2.10	-0.05	1.05	-0.2	-1.2	-0.2	-2.6	-3.15	-4.15	-3.7
Ln Y		0.74	----	0.40	----	----	----	----	---	----	----

Se obtienen las siguientes figuras:

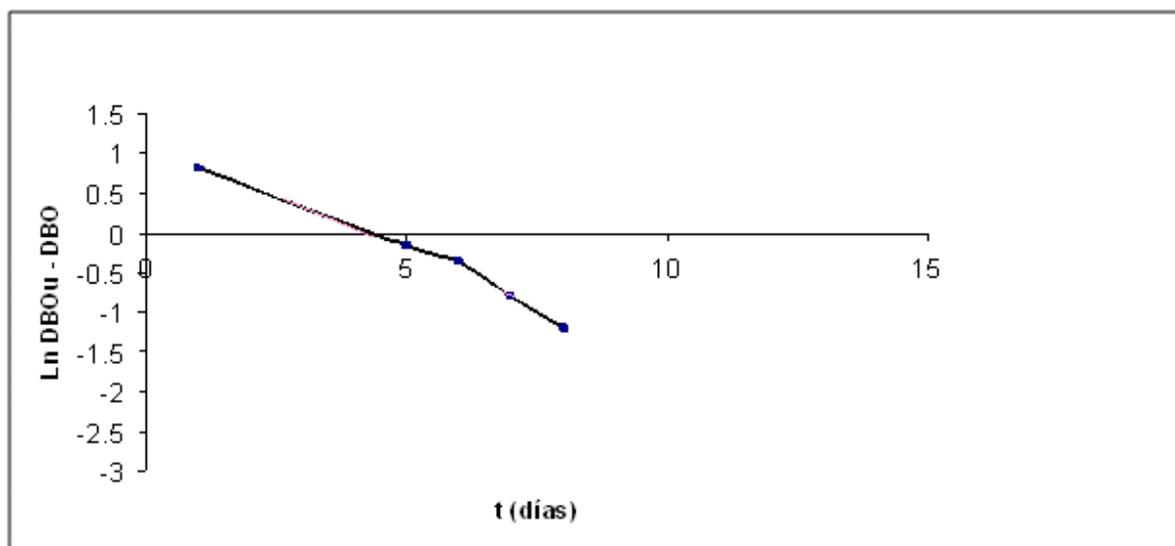


**Figura N° 5 Grafico de  $DBO_u - DBO$  Vs. Tiempo (días) para alícuota de 1.0 ml de semilla**

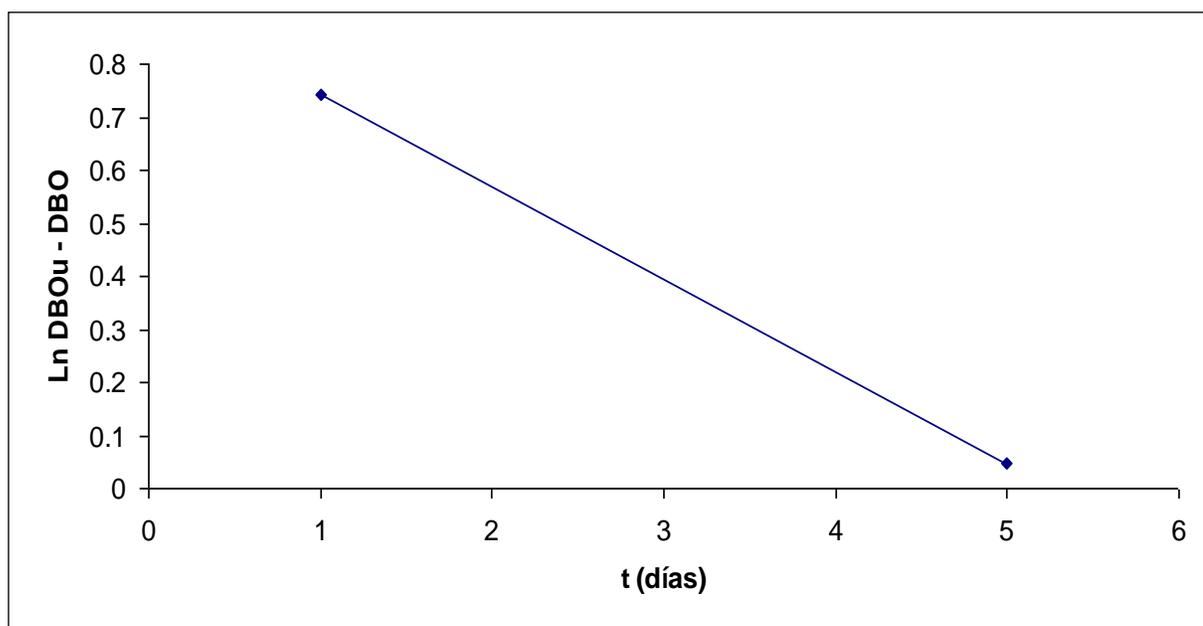


**Figura N° 6** Grafico de DBO<sub>u</sub> – DBO Vs. Tiempo (días) para alícuota de 0.5 ml de semilla

Para linealizar hay dos formas; una a través de graficar el  $\ln DBO_u - DBO$  y otra forma utilizando papel semilogarítmico.



**Figura N° 7** Grafico de  $\ln DBO_u - DBO$  Vs. Tiempo (días) para alícuota de 1.0 ml de semilla Para 1.0 ml de semilla



**Figura N° 8: Grafico de ln DBOu – DBO Vs. Tiempo (días) para alícuota de 0.5 ml de semilla.**

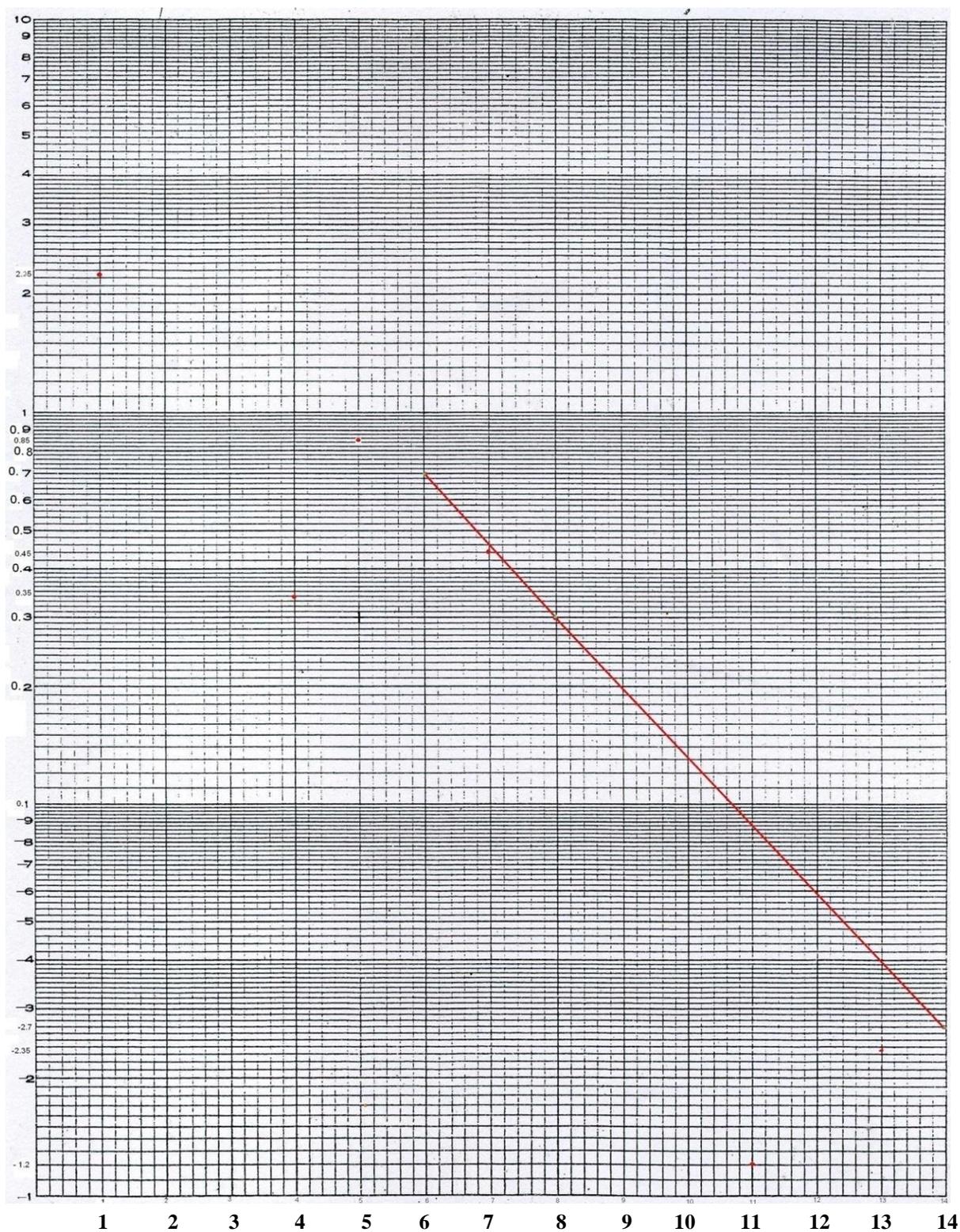


Figura N° 9 Linealización de los datos de DBOu – DBO Vs. Tiempo utilizando papel semilogarítmico para semilla de 1.0 ml

De los gráficos anteriores podemos ver que los valores obtenidos de los frascos que se agregó 1 ml de semilla tuvieron un mejor comportamiento respecto al consumo de oxígeno disuelto que tuvieron las muestras diariamente ya que reflejan una tendencia de disminución de oxígeno en cada frasco desde el día cero hasta el día 14, dando diferencias de volumen de tiosulfato de sodio gastados en la titulación desde 0.25 ml hasta 1.9 ml entre cada día.

**Cálculos para obtener la velocidad de oxidación de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico ( b= pendiente)**

**Para 1.0 ml de semilla**

Datos

$$X_1 = 7 \qquad Y_1 = 0.45$$

$$X_2 = 8 \qquad Y_2 = 0.3$$

$$b = \frac{\ln\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)}{x_2 - x_1}$$

$$b = \frac{\ln\left(\frac{0.45}{0.3}\right)}{8 - 7}$$

$$b = \frac{0.4055}{1}$$

**b = 0.4055**

**Para 0.5 ml de semilla**

Datos

$$X_1 = 1 \qquad Y_1 = 2.10$$

$$X_2 = 5 \qquad Y_2 = 1.05$$

$$b = \frac{\ln\left(\frac{Y_1}{Y_2}\right)}{x_2 - x_1}$$

$$b = \frac{\ln\left(\frac{2.10}{1.05}\right)}{5 - 1}$$

$$b = \frac{0.6931}{4}$$

$$\mathbf{b = 0.1733}$$

**donde:  $b \leq k = \text{pendiente} = \text{constante de velocidad}$**

Según los datos obtenidos para las constantes de velocidad en la medición de la velocidad de oxidación de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico reflejan que para la muestra conteniendo 1.0 ml de semilla la cantidad de oxígeno consumido a diario fue de 0.4055 y para la muestra conteniendo 0.5 ml de semilla fue de 0.1733 ya que la K (constante de velocidad de la reacción) representada como la pendiente en las graficas obtenidas demuestran la cantidad de oxígeno que se consumió a diario en la reacción de degradación de la materia orgánica.

**CAPÍTULO VI**  
**CONCLUSIONES**

## 6.0 CONCLUSIONES

1. El agua destilada proveniente de la Facultad de Química y Farmacia que se utilizó para preparar el agua de dilución en la determinación de la DBO de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico dio una diferencia de 1.5 mg/L entre el valor de DBO del frasco conteniendo el blanco del día cero y el blanco del día 5 de incubación lo que indica que no esta dentro de los limites de calidad aceptables para este tipo de análisis ya que el blanco es solo agua de dilución (agua destilada) y no tiene que presentar ningún consumo de oxigeno por que interfiere en el análisis ya que no garantiza que solo la muestra sea quien demande oxigeno dentro de la reacción.
2. Cuando se utilizó agua destilada proveniente de un laboratorio, la calidad de los análisis fue aceptable ya que no hubo ninguna diferencia entre el valor de la DBO del blanco del día cero y el blanco del día cinco de incubación, lo que demuestra que esta agua destilada no contenía ningún componente que demandara oxigeno y por lo tanto interfiera con los resultados del análisis de las muestras.
3. Los resultados obtenidos de la muestra del rastro municipal de Santa Ana reflejan en la diferencia de OD inicial y OD final después de 5 días de incubación valores entre 4.6 mg/L y 1.3 mg/L, lo cual se debe a la naturaleza de la muestra ya que está no contiene ningún componente químico solo sustancias totalmente orgánicas como sangre, grasa animal y fluidos

biológicos lo cual refleja como alta demanda de oxígeno por dicha materia orgánica.

4. La muestra proveniente de la tenería refleja en la diferencia entre el OD inicial y el OD final después de 5 días de incubación valores entre 0.5 mg/L - 0.0 mg/L, lo cual es debido a la gran cantidad de sustancias químicas que esta posee, lo que indica que la materia oxidable de esta muestra es poca.
5. En relación de los resultados obtenidos en la Demanda Bioquímica de Oxígeno de la muestra de las aguas provenientes del rastro son mayores con respecto a las de la muestra de la tenería y esta a la vez mayor que la de las aguas residuales ordinarias.
6. Con los datos obtenidos de los frascos que contenían 0.5 ml de semilla, en la elaboración de la curva de calibración de la solución patrón de glucosa – ácido glutámico con respecto a la de 1 ml, se obtuvo una pendiente de 0.4055 ppm para 0.5 ml y 0.1733 ppm para 1 ml lo que representa la velocidad de oxidación de la materia orgánica.
7. Para fines de esta investigación la velocidad de oxidación mas confiable es la obtenida en la curva con 1 ml de semilla que fue de 0.1733 ppm ya que presento mayor respuesta durante la mayoría de los días que duró la investigación.

**CAPÍTULO VII**  
**RECOMENDACIONES**

## 7.0 RECOMENDACIONES

- 1- Utilizar agua bidestilada de calidad analítica en futuros análisis, para garantizar la calidad de los resultados.
- 2- Controlar la temperatura de incubación la cual debe estar a  $20^{\circ} \text{C} \pm 1^{\circ} \text{C}$ , ya que las variaciones grandes de temperatura pueden afectar en los valores obtenidos e interferir en la técnica de la DBO.
- 3- Vigilar la formación de burbujas en los frascos , controlando y teniendo cuidado al momento de llenarlos, para que no afecte en los valores obtenidos de los análisis..
- 4- Utilizar cantidades de semillas menores de 1 ml cuando se necesite agregar un inóculo en los frascos de Winkler durante los análisis.
- 5- En la elaboración de la curva de calibración en futuras investigaciones se debe realizar como lo indica el método, durante 30 días consecutivos sin interrupción para obtener un comportamiento más satisfactorio del consumo de oxígeno por el sustrato.

- 6- Inocular el agua de dilución directamente en la botella de DBO antes de la dilución esto para evitar la disminución de la relación semilla muestra cuando se hace un incremento en las diluciones.
  
- 7- Airear el agua de dilución que se utiliza en los análisis aproximadamente unos 15 minutos antes de ser utilizada, para garantizar que el agua de dilución cuente con una cantidad de oxígeno necesario para el análisis
  
- 8- Hacer diluciones de la muestra teniendo cuidado de no disminuir el oxígeno disuelto de esta en no menos del 50% para garantizar valores de oxígeno disuelto residual de por lo menos 1 mg/L y un consumo de oxígeno disuelto de por lo menos 2 mg/L después de 5 días de incubación.

## BIBLIOGRAFÍA

- 1- Anaya Rodríguez, D. Y otros. "Evaluación de la contaminación de la cuenca del Río Cuaya, Ilopango". Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 1997.
- 2- Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) "Agua, aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor". Norma Salvadoreña Obligatoria NSO 13.49.01:06
- 3- EURACHEM. "La idoneidad de los métodos analíticos, una guía de laboratorio para validación de métodos y temas conexos". Primera Edición en Ingles, 1998.
- 4- García Hernández, O. Y otros. "Estudio de la contaminación del Río San Antonio en Nejapa mediante análisis físico químico y microbiológico". Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 2001.
- 5- Greenberg, A. Y otros. "Standard Methods for the examination of water and waste water". 18<sup>th</sup> Edition 1992, American Public Health Asociation (APHA).
- 6- Guinea, J. y otros. "Análisis microbiológico de aguas aspectos aplicados". Departamento de microbiología, Facultad de Biología Universidad de Barcelona. Ediciones Omega S.A. casanova, 220 Barcelona – 36.
- 7- Instituto de Hidrología, Metereología y Estudios Ambientales, IDEAM.

- 8- Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Servicio Nacional de Estudios Territoriales, Ministerio de Agricultura y Ganadería, programa Ambiental de El Salvador. “Monitoreo de la contaminación de los tributarios del Embalse del Cerron Grando”. PAES 200/09/09/07 MRH.
- 9- Murillo, H. “Determinación de la calidad fisicoquímica y microbiológica del agua en el manantial El Tembladero del Municipio de Panchimalco Departamento de San Salvador”. Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 2006.
- 10-Rigola Lapeña, L. “Tratamiento de aguas industriales, aguas de proceso y residuales”. Editorial Alfa Omega. Marcombo.
- 11-Ríos Pacheco, D. Y otros. “Estudio de la contaminación de las aguas marinas de las playas del Puerto de La Libertad”. Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 1981.
- 12-Romero Rojas, J. “Tratamiento de aguas industriales por Lagunas de Estabilización”. Editorial Alfaomega, Escuela Colombiana de Ingeniería 3<sup>ra</sup> Edición.
- 13-Salazar García, J y otros. “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. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 2005.

14-Sánchez Arias, G. "Estudio de las condiciones contaminantes de la Cuenca del Río Sensunapan y del Río Banderas". Trabajo de graduación. Facultad de Química y Farmacia. Universidad de El Salvador. El Salvador. Año 1978.

## GLOSARIO

**Eutrofización:** Cuando el agua se enriquece de oxígeno, provocando un aumento de plantas acuáticas y descensos del nivel de oxígeno disuelto<sup>(13)</sup>.

**Inoculo:** Población adecuada de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable que es agregada a una muestra<sup>(7)</sup>.

**Inocular:** Acción o procedimiento que se lleva a cabo para agregar el inoculo o semilla a una muestra o muestras<sup>(7)</sup>.

**Semilla:** Población adecuada de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable que es agregada a una muestra<sup>(7)</sup>.

**Simiente control:** Población adecuada de microorganismos capaces de oxidar la materia orgánica biodegradable que es agregada a una muestra<sup>(7)</sup>.

**Iridiscencia:** Es un fenómeno óptico caracterizado como la propiedad de ciertas superficies en las cuales el tono de la [luz](#) varía de acuerdo al ángulo desde el que se observa la superficie<sup>(11)</sup>.

**Fotosíntesis:** Es un proceso anabólico que se produce en los cloroplastos y en el que la energía luminosa es transformada en energía química que posteriormente será empleada para la fabricación de sustancias orgánicas a partir de sustancias inorgánicas<sup>(11)</sup>.

**Efluente:** La salida o flujos salientes de cualquier sistema que despacha flujos de agua, a un tanque de oxidación, a un tanque para un proceso de depuración biológica del agua, etc. Este es el agua producto dada por el sistema <sup>(11)</sup>.

**ANEXOS**

## ANEXO N° 1

**Tabla N° 13 Composición típica promedio de las aguas residuales domesticas<sup>(9)</sup>**

<b>PARÁMETRO</b>	<b>MAGNITUD (mg/L)</b>
Sólidos totales	720
Sólidos disueltos	500
Sólidos volátiles	20
Sólidos suspendidos	220
Sólidos suspendidos volátiles	165
Sólidos sedimentables	10
DBO	220
COT	160
DQO	500
Nitrógeno total	40
Nitrógeno orgánico	15
Nitrógeno amoniacal	25
Nitritos	0
Nitratos	0
Fósforo total	8
Fósforo orgánico	3
Fósforo inorgánico	5
Cloruros	50
Alcalinidad	100
Grasas	100

## ANEXO N° 2

**Tabla N° 14 Efectos indeseables de las aguas residuales<sup>(6)</sup>**

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>EFEECTO</b>
Materia orgánica biodegradable	Desoxigenación del agua, muerte de peces, olores indeseables.
Materia suspendida	Deposición en los lechos de los ríos; si es orgánica se descompone y flota mediante el empuje de los gases; cubre el fondo e interfiere con la producción de los peces o transforma la cadena alimenticia.
Sustancias corrosivas, cianuros, metales, fenoles, etc.	Extinción de peces y vida acuática, destrucción de bacterias, interrupción de la autopurificación.
Microorganismos patógenos	Las ARD pueden transportar organismos patógenos, los residuos de curtiembre ántrax.
Sustancias que causan turbiedad, temperatura, color, olor, etc.	El incremento de temperatura afecta los peces; el color, olor y turbiedad hacen estéticamente inaceptable el agua para uno público.
Sustancias o factores que transforman el equilibrio biológico	Pueden causar crecimiento excesivo de hongos o plantas acuáticas las cuales alteran el ecosistema acuática, causan olores, etc.
Constituyentes minerales	Incrementan la dureza, limitan los usos industriales sin tratamiento especial, incrementan el contenido de sólidos disueltos a niveles perjudiciales para los peces o la vegetación, contribuyen a la eutrofización del agua.

### ANEXO N° 3

**Tabla N° 15 Contaminantes de importancia en aguas residuales<sup>(6)</sup>**

<b>CONTAMINANTE</b>	<b>CAUSA DE SU IMPORTANCIA</b>
Sólidos suspendidos	Pueden conducir al desarrollo de depósitos de lodos y condiciones anaerobias cuando se descargan aguas residuales crudas en un medio acuático.
Materia orgánica biodegradable	Esta compuesta principalmente de proteínas, carbohidratos y grasas. Se mide en términos de DBO y DQO generalmente. Si no es previamente removida puede producir agotamiento del OD de la fuente receptora y desarrollo de condiciones sépticas.
Patógenos	Producen enfermedad
Nutrientes	El C, N y P son nutrientes. Cuando se descargan en las aguas residuales pueden producir crecimiento de vida acuática indeseable. Cuando se descargan en cantidad excesiva sobre el suelo pueden producir contaminación del agua subterránea.
Materia orgánica refractaria	Resiste tratamiento convencional. Ejemplos: detergentes, fenoles y pesticidas agrícolas.
Metales pesados	Proviene de aguas residuales comerciales e industriales y es posible que deban ser removidos para re-uso del agua.
Sólidos inorgánicos disueltos	Algunos como el calcio, sodio y sulfatos son agregados al suministro doméstico original como resultado del uso y es posible que deban ser removidos para re-uso del agua.

## ANEXO N° 4

**Tabla N° 16 Contaminantes de importancia en aguas residuales, parámetros e impacto ambiental<sup>(6)</sup>**

CONTAMINANTE	PARÁMETRO TÍPICO DE MEDIDA	IMPACTO AMBIENTAL
Materia orgánica biodegradable	DBO, DQO	Desoxigenación del agua, generación de olores indeseables.
Materia suspendida	SST, SSV	Causa turbiedad en el agua, deposita lodos.
Patógenos	Coliformes fecales	Hace el agua insegura para consumo y recreación.
Amoniaco	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> -N	Desoxigena el agua, es tóxico para organismos acuáticos y puede estimular el crecimiento de algas.
Fósforo	Ortofosfatos	Puede estimular el crecimiento de algas.
Materiales tóxicos	Como cada material tóxico	Peligroso para la vida vegetal y animal.
Sales inorgánicas	SDT	Limita los usos agrícolas e industriales del agua.
Energía térmica	Temperatura	Reduce la concentración de saturación de oxígeno en el agua, acelera el crecimiento de organismos acuáticos.
Iones hidrógeno	PH	Riesgo potencial para organismos acuáticos.

## ANEXO N° 5

### PROCEDIMIENTO NORMALIZADO DE OPERACIÓN PARA LA DETERMINACIÓN DE DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO (DBO<sub>5</sub>) POR EL MÉTODO YODOMÉTRICO MODIFICACIÓN DE AZIDA<sub>(5)</sub>.

#### 5.1 PRECAUCIONES DE LABORATORIO

##### 5.1.1 SEGURIDAD

Se necesita gabacha, guantes, mascarilla, gafas.

##### 5.1.2 OPERACIÓN

5.1.2.1 La depleción de oxígeno en el agua de dilución no debe exceder de 0.2mg/L y preferiblemente no superior a 0.1mg/L después de 5 días de incubación.

5.1.2.2 Cuando una muestra no tenga una población microbiana suficiente (como residuos industriales no tratados, residuos desinfectados, residuos de alta temperatura, o con valores de pH extremos), sembrar el agua de dilución añadiendo una población de microorganismos provenientes de una muestra cruda del influente de una planta de tratamiento de aguas negras (Simiente Control). Dejar en reposo en la incubadora por una hora a  $20 \pm 1^{\circ}$  C, transcurrido ese tiempo, tomar una alícuota del sobrenadante sin agitar, tome el pH de la muestra, si esta fuera del rango 6.5-7.5 ajustarlo según convenga con NaOH 1N ó H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 1N, tal que la cantidad de reactivo no diluya la muestra en mas

de 0.5%, prepare el agua de dilución sembrada en una proporción de 3ml/l.

5.1.2.3 Prepare un blanco de agua de dilución como un control aproximado de su calidad y de la limpieza de los frascos de incubación.

5.1.2.4 Antes de analizar las muestras deben estar a  $20\pm 3^{\circ}$  C.

5.1.2.5 Se recomienda consultar el historial de la muestra para preparar las diluciones adecuadas. En ausencia de datos previos, se pueden sugerir las diluciones siguientes:

**Sugerencias para Rango de dilución de la muestra.**

<b>Rango de dilución</b>	<b>Tipo de muestra</b>
0.1-1.0	Residuos industriales fuertes
1-5	Residuos domésticos
5-25	Efluentes tratados
25-100	Aguas superficiales.

5.1.2.6 Si la muestra contiene elevados niveles de materia orgánica, tal como aguas fecales sin tratar, su DBO será elevada y hay que diluir pequeñas porciones en el ensayo, por lo contrario si una muestra tiene un DBO muy bajo, como las aguas de río contaminadas, serán necesarias grandes porciones tales como 25, 50, 75 y 100%.

## 5.2 REACTIVOS<sup>(5)</sup>

- Disolver 8.5g de  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ , 21.75g 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 500ml de agua destilada y diluir a 1 litro. El pH de la solución debe ser 7.2 sin ajustes.

Agua destilada que cumpla las siguientes características:

- a) conductividad,  $5\mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^\circ\text{C}$ , como máximo
- b) pH de 5 a 8
- Solución del Sulfato de Magnesio:  
Disuelva 22.5g de  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Solución de cloruro de calcio  
Disolver 27.5g de  $\text{CaCl}_2$  en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Solución de Cloruro Férrico:  
Disolver 0.25g de  $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Ácido Sulfúrico 1N:  
Agregar lentamente y con agitación 28.0ml de Ácido Sulfúrico concentrado a agua destilada y diluir a 1litro.
- Hidróxido de Sodio 1N  
Disolver 40g de hidróxido de sodio en agua destilada y diluir a 1 litro.
- Solución de sulfato Manganoso:  
Disolver 364g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, filtrar y diluir a 1 litro.
- Reactivo de Álcali-Yoduro-Azida

Disolver 500g de NaOH (ó 700g de KOH) y 150g de KI en agua destilada y diluir a 1 litro. Agregar 10g de  $\text{NaN}_3$  disuelto en 40ml de agua destilada.

- Solución indicadora de almidón

Disolver 2g de almidón soluble y 0.2g de Ácido Salicílico en 100ml de agua destilada caliente, dejar en reposo por una noche y utilizar el sobrenadante.

- Solución Patrón de Tiosulfato de Sodio 0.025M

Disolver 6.205g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  en agua destilada Agregar 1.5 ml de NaOH 6N y diluir a 1000 mL.

- Solución Patrón de Biyodato Potásico, 0.0021M:

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

- Solución de glucosa- ácido glutámico:

Seque la glucosa y el ácido glutámico a  $103^\circ\text{C}$  durante una hora. Se disuelven 150mg de glucosa y 150mg de ácido glutámico en agua destilada y se diluye a 1 litro, en un frasco volumétrico. Preparar la solución inmediatamente antes de usar

- Solución de sulfito de sodio:

Disuélvanse 1.575g de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  en 1000ml de agua destilada.

- Solución de yoduro de potasio: Se disuelven 10g de KI en 100ml de agua destilada.

- Yoduro de potasio, exento de yodato.

- Simiente control, comercial.

- Solución de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N.

- Solución de NaOH 6N

### **5.3 MATERIALES**

- Desecador con Silica gel
- Termómetro.
- Barras agitadoras forradas de teflón
- Frascos de incubación de 300ml con tapón de vidrio y boca especial para sello de agua.
- Erlenmeyer de 500, 250, 125 y 50ml
- Probetas de 1000, 50 y 25ml
- Dispensador de 10ml
- Pizetas de 1000 y 500ml
- Pipetas Mohr de 10 y 5ml
- Frascos de vidrio o plástico de 1000 y 500ml
- Espátula
- Vidrio de reloj
- Balones volumétricos 2000, 1000, 500, 250, 100, 50, 25 y 10ml.
- Beaker de polietileno de 100mL
- Papel whatman 40
- Pipetas volumétricas de 1, 2, 4 , 5, 10, 20, 25 y 50ml.

#### 5.4 EQUIPO

- Refrigeradora.
- Incubadora.
- Estufa.
- pH Metro
- Balanza Analítica
- Cámara de extracción de gases
- Hot- Plate Tipo
- Agitador magnético

#### 5.5 CALIBRACIÓN DEL MÉTODO

Estandarización del Tiosulfato de sodio 0.025M

- Preparar dos blancos de reactivos, medir 150ml de agua en un erlenmeyer de 500ml y agregar todos los reactivos, excepto el Biyodato de potasio.
- Disolver 2g de KI, en un erlenmeyer de 500 ml. Agregar 150 ml de agua destilada.
- Agregar 1ml de  $\text{H}_2\text{SO}_4$  6N.
- Agregar 20ml de solución patrón de Biyodato de potasio
- diluir a 200ml e introducir una barra agitadora forrada de teflón
- colocar el erlenmeyer sobre un agitador magnético.
- Titular con solución de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$  agitando continuamente. hasta un color amarillo pálido.

- Agregar 1ml de solución de almidón y continúese valorándose hasta la primera desaparición del color azul.
- Anotar el volumen gastado de titulante.
- Si se sobrepasa el punto final, valórese por retroceso con solución de Biyodato de potasio 0.0021M añadido gota a gota. Realizar las correcciones para la solución de Biyodato

## 5.6 INTERFERENCIAS

Las muestras que tienen cloro residual presente se deben dejar en reposo por una o dos horas para que este elemento se disipe, en el caso que el cloro no se disipe en un tiempo razonable, se puede añadir una solución de sulfito de sodio para destruir el cloro residual. El volumen requerido de la solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  se determina así: Se toma 100 ml de la muestra neutralizada y se pone dentro de un erlenmeyer de 250 ml. Se añade 1 ml de ácido acético (1:1) y 1 ml de solución de yoduro de potasio (10 g/100 ml). Se titula con la solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  hasta que casi desaparezca el color amarillo de yodo libre. Luego se añade 1 ml de solución de almidón (5 g/l) y se continúa la titulación por la desaparición del color azul. Se añade a la muestra neutralizada el volumen relativo de la solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_3$  determinado por la titulación, se mezcla y se deja la muestra en reposo durante 20 minutos.

## ANEXO N° 6

### PROCEDIMIENTO NORMALIZADO DE OPERACIÓN PARA LA DETERMINACION DE OXIGENO DISUELTO POR EL MÉTODO YODOMÉTRICO, MODIFICACIÓN DE AZIDA<sup>(5)</sup>.

#### 6.1 PRECAUSIONES DE LABORATORIO

##### 6.1.1 SEGURIDAD DE LABORATORIO

Se necesita gabacha, guantes, mascarilla, gafas de protección y jabón yodado.

##### 6.1.2 PRECAUCIONES DE OPERACIÓN.

No dejar la muestra en contacto con el aire, ni agitar para que no varíe su contenido gaseoso.

#### 6.2 REACTIVOS

- Solución de sulfato manganoso:

Disolver 364g de  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  en agua destilada, filtrar y diluir a 1 litro

- Reactivo de álcali – yoduro – azida.

Disolver 500g de NaOH (700g de KOH) y 150g de KI, en agua destilada y diluir a un litro. Agregar 10g de  $\text{NaN}_3$  disuelto en 40 ml de agua destilada.

- Solución indicadora de almidón

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

- Ácido sulfúrico concentrado

- Solución patrón de tiosulfato de sodio 0.025 N  
Disolver 6.205 g de  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ , en agua destilada agregar 1.5 ml de NaOH 6 N y diluir a 1000 ml.
- Solución patrón de biyodato de potasio, 0.0021 M:  
Disolver 812.4 mg de  $\text{KH}(\text{IO}_3)_2$ , en agua destilada y dilúyase a 1000 ml.

### 6.3 MATERIALES

- Desecador con silica gel.
- Barras agitadoras forradas de teflón.
- Frascos de incubación de  $\pm 300$  ml con tapón de vidrio y boca especial para sello de agua.
- Erlenmeyer de 500, 250, 125 y 50 ml.
- Probeta de 250, 100 y 50 ml.
- Dispensador de 10 ml.
- Pizeta de 1000, 500 y 250 ml.
- Pipeta mohr de 10 y 5 ml.
- Frascos de vidrio o polietileno de 1000 ml
- Espátula.
- Vidrio de reloj.
- Balones volumétricos de 2000, 1000, 500, 250, 100, 50, 25 y 10 ml.
- Beakers de polietileno de 100 ml.
- Papel whatman #40

#### **6.4 EQUIPO**

- Estufa
- Balanza analítica
- Cámara de extracción de gases
- Hot plate
- Agitador magnético
- Bureta de 25ml
- Agitador de vidrio.
- Soporte
- Pinza de sostén
- Termómetro de -20 a 110°C.

#### **6.5 CALIBRACIÓN DEL MÉTODO.**

- Disolver 2 g de KI, en un erlenmeyer de 500 ml, agregar 150 ml de agua destilada.
- Agregar 1.0 ml de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 6 N.
- agregar 20 ml de solución patrón de biyodato de potasio.
- Diluir a 200 ml e introducir una barra agitadora forrada de teflón.
- Colocar el erlenmeyer sobre un agitar magnético.
- Llenar la bureta con tiosulfato de sodio y aforarla a cero.
- Titular con solución de Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, agitando continuamente hasta un color amarillo pálido.

- Agregar 1.0 ml de indicador de almidón, la solución se torna azul, continúe valorando hasta la primera desaparición del color azul.

Si se sobrepasa el punto final, valórese por retroceso con solución de biyodato de potasio 0.0021 M, añadiendo gota a gota, realizar las correcciones para la solución de biyodato.

Anotar el volumen gastado de titulante.

### ANEXO N° 7<sub>(3)</sub>

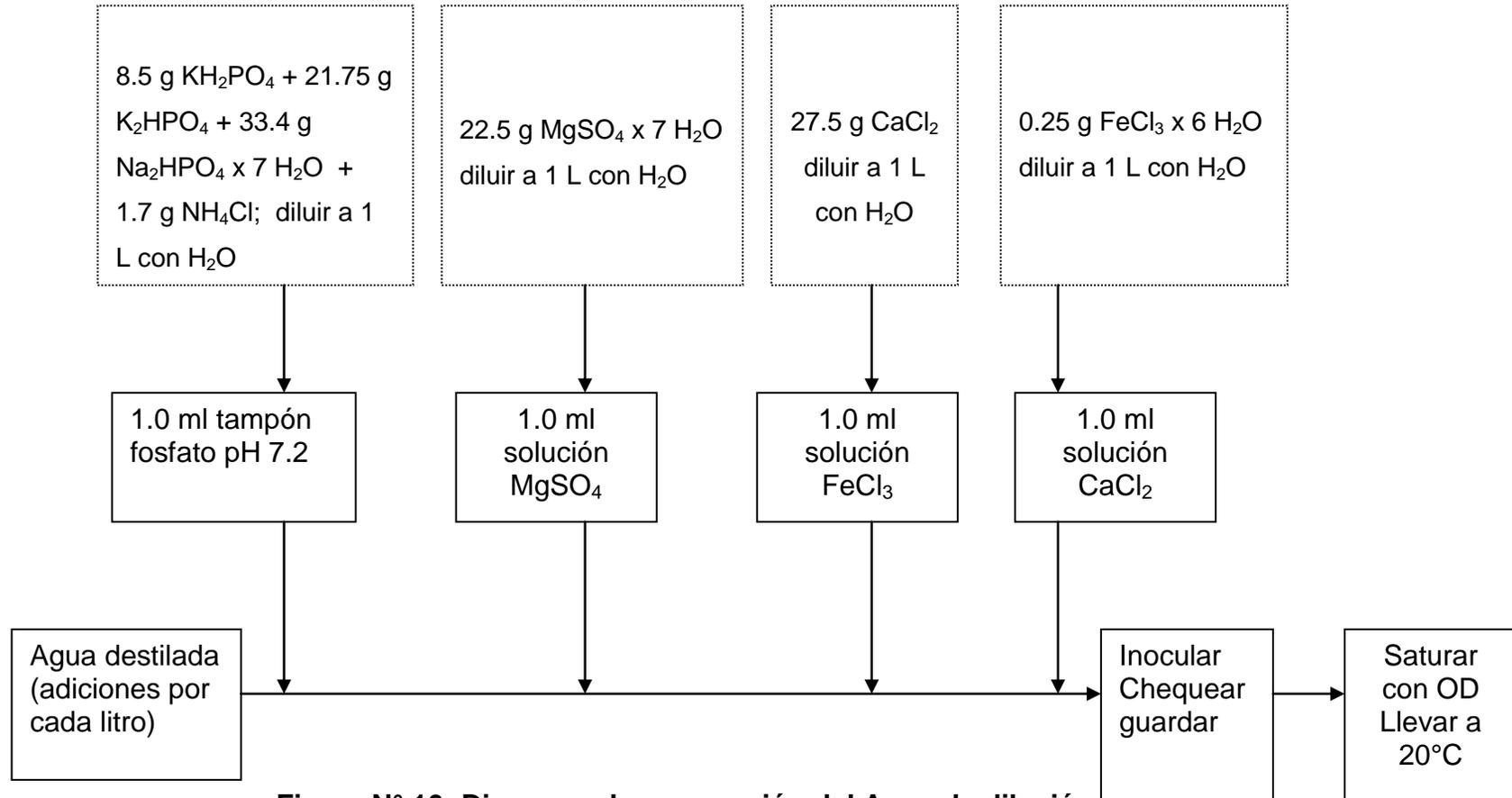
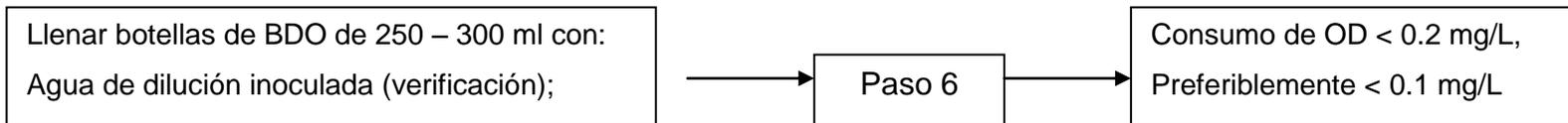
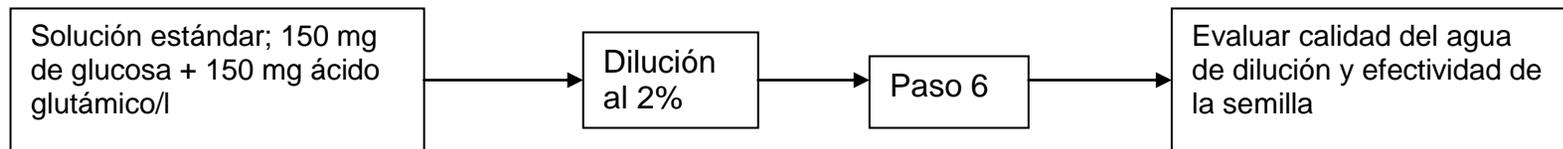


Figura N° 10: Diagrama de preparación del Agua de dilución

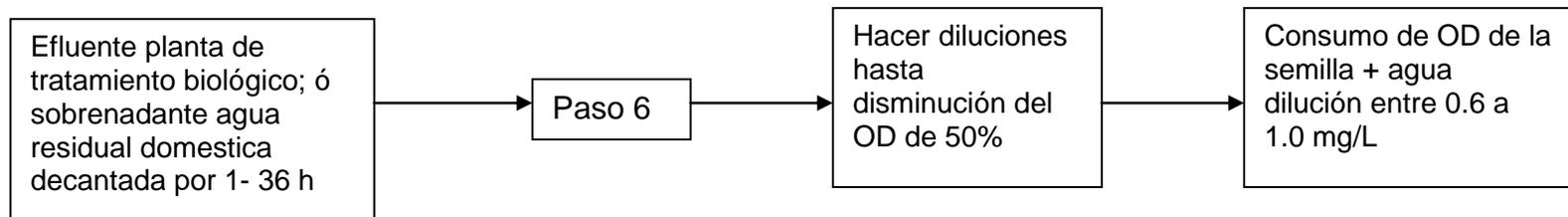
### ANEXO N° 8<sub>(3)</sub>



**Figura N° 11: Diagrama de Verificación del Agua de Dilución y Blanco**

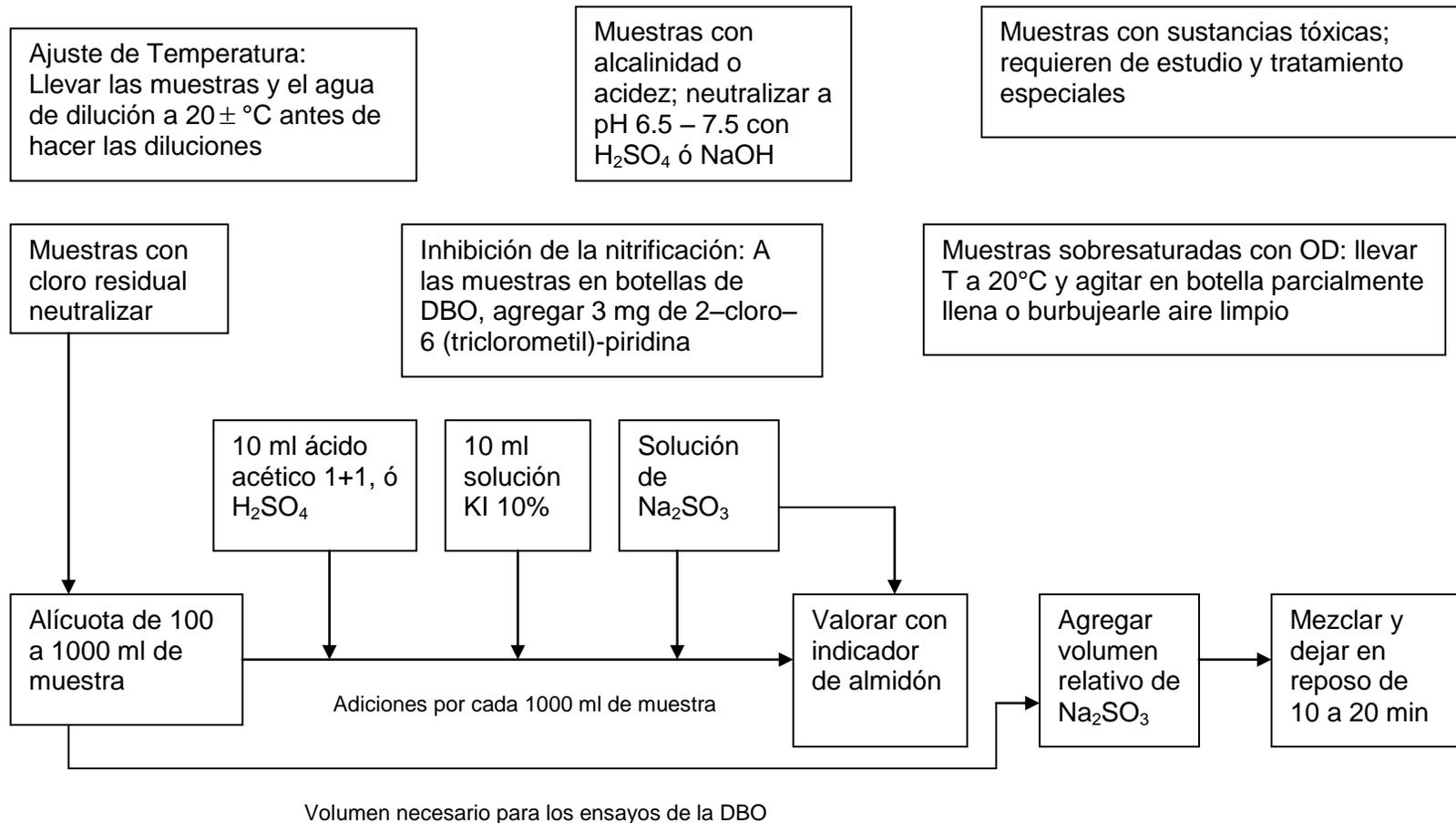


**Figura N°12: Diagrama de Chequeo con Glucosa – Ácido Glutámico**



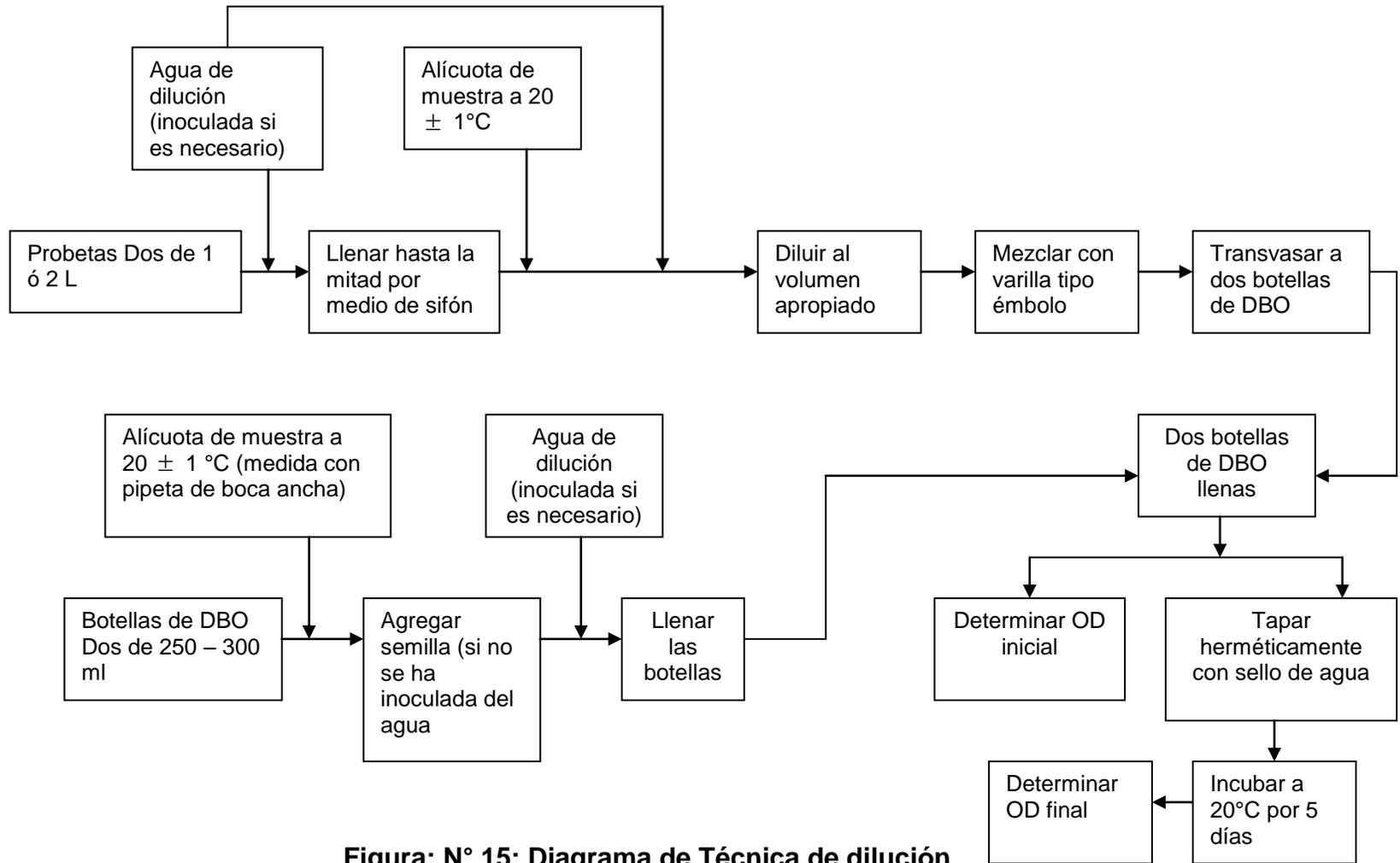
**Figura N° 13: Diagrama de Preparación de la semilla**

### ANEXO N° 9<sub>(3)</sub>



**Figura N° 14: Diagrama de Pretratamiento de las muestras**

**ANEXO N° 10<sub>(3)</sub>**



**Figura: N° 15: Diagrama de Técnica de dilución**

## **ANEXO Nº 11**

### **PREPARACION DE LA SOLUCION PATRON DE GLUCOSA – ACIDO GLUTAMICO PARA LA ELABORACION DE LA CURVA DE CALIBRACION**

- 1- Pesar 0.6 g de glucosa y 0.6 g de acido glutámico
  
- 2- Medir 300 ml de agua destilada en un beacker de 400 ml y disolver los sólidos agitando continuamente.
  
- 3- Agregar la solución anterior en un balón de 200 ml, aforar y homogenizar.
  
- 4- Luego agregar esta solución en un recipiente con capacidad para 4,000 ml.
  
- 5- Medir otros 2000 ml con un balón y agregar al recipiente conteniendo la solución de glucosa – acido glutámico para lograr un volumen de 4000 ml y homogenizar.

## ANEXO Nº 12

### UTILIZACION DEL PAPEL SEMILOGARITMICO

El papel semilogarítmico sirve para linealizar una serie de datos que correspondan a la tendencia de una ecuación exponencial, ejemplo:

$$Y = K \cdot e^{-bx}, \quad Y = K \cdot e^{+bx}$$

La selección de dicho papel depende de los datos que se necesiten linealizar, ya que este consta de ciclos, para esta investigación se utilizó papel semilogarítmico de 3 ciclos por la naturaleza de los datos obtenidos, ejemplo: para datos que están en la escala de 0.01 – 0.09 es un ciclo, para datos de 0.1 – 0.9 otro ciclo y datos de 1 – 9 es otro ciclo.

