

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



PROPUESTA DE DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL PARA
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA AVICOLA

TRABAJO DE GRADUACION PRESENTADO POR

RAMON BALTAZAR SORTO MEZA

YESSICA MARCELA ROMERO PINEDA

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIATURA EN QUIMICA Y FARMACIA

FEBRERO, 2013

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

ING. MARIO ROBERTO NIETO LOVO

SECRETARIA GENERAL

DRA. ANA LETICIA ZA VALETA DE AMAYA

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. ANABEL DE LOURDES AYALA DE SORIANO

SECRETARIO

LIC. FRANCISCO REMBERTO MIXCO LOPEZ

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADORA GENERAL

Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo

**ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: TOXICOLOGIA Y QUIMICA
LEGAL**

Licda. María Luisa Ortiz de López

ASESORA DE AREA DE GESTION AMBIENTAL: CALIDAD AMBIENTAL

MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez

DOCENTE DIRECTORA

MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez

AGRADECIMIENTOS

Al culminar este trascender, agradezco a la Santísima Trinidad y a la santísima virgen María; a mi padre Ramón Baltazar Sorto Jurado, madre Victoria Meza de Sorto, hermana Saraí Victoria Sorto Meza, hermano Francisco Antonio Sorto Meza, sobrina Herenia Natividad Sorto (Q.D.D.G), abuela María Saraí Sorto que cooperaron en mi formación profesional. Agradezco particularmente a la docente directora MSc. Sonia Maricela Lemus Martínez y al Laboratorio Físicoquímico de aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Ramón Baltazar Sorto Meza

Le agradezco primeramente a Dios Todopoderoso, a mi madre Maribel Esperanza Pineda, así también a mi tía María Dolores Zelaya, mi esposo Carlos Antonio Pérez, mi hermana Eva María Pineda, a mi adorado hijo Carlos Rigoberto Gómez Romero y a mi querida abuela Irma Martínez quienes son un pilar fundamental para mi vida y mi formación académica, quienes siempre han estado presente en mi vida apoyándome y dándome lo mejor de sí para llegar a ser lo que hoy en día he logrado ser.

Yessica Marcela Romero Pineda

Agradecimientos especiales al comité de trabajos de graduación coordinado por Lic. María Concepción Odette Rauda Acevedo, asesoras de área Licda. María Luisa Ortiz de López y MSc. Cecilia Haydee Gallardo de Velásquez; por su sabiduría para que este trabajo se desarrollara de la mejor manera.

Ramón Baltazar Sorto Meza y Yessica Marcela Romero Pineda

DEDICATORIAS

Al Padre Eterno y a santísima virgen María

A mi abuela paterna: María Saraí Sorto

A mis Padres: Victoria Meza de Sorto y Ramón Baltazar Sorto Jurado

A mis Hermanos: Saraí Victoria Sorto Meza y Francisco Antonio Sorto Meza

A mis antepasados

Ramón Baltazar Sorto Meza.

A Dios Todopoderoso

A mi madre Maribel Esperanza Pineda

A mi tía María Dolores Zelaya

A mi esposo Carlos Antonio Pérez

A mi hermana Eva María Pineda

A mi adorado hijo Carlos Rigoberto Gómez Romero

Y a mi querida abuela Irma Martínez

Yessica Marcela Romero Pineda

ÍNDICE

	Pág.
Resumen	
CAPITULO I	xiv
I.0 Introducción	
CAPITULO II	
2.0 Objetivos	17
CAPITULO III	
3.0 Marco teórico	19
3.1 Generalidades del agua	
3.2 Características Físicas, Químicas y Biológicas de las aguas residuales	
3.3 Industria Avícola	
3.4 Tratamientos de aguas residuales de la industria avícola	
3.5 Los Humedales	
3.6 Humedales artificiales	
3.7 Consideraciones del tamaño de los humedales artificiales	
3.8 Funcionamiento de los humedales artificiales	
3.9 Tiempo de retención para humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales	
3.10 Taxonomía de la especie vegetal	
3.11 Descripción de la <i>Typha dominguensis Pers</i> (Tule)	
3.12 Parámetros Físicoquímicos	
CAPITULO IV	
4.0 Diseño metodológico	35
4.1 Tipo de estudio	
4.2 Investigación bibliográfica	
4.3 Investigación de campo	

4.4 Parte experimental

CAPITULO V

5.0 Resultados y Discusión de Resultados 46

CAPITULO VI

6.0 Conclusiones 57

CAPITULO VII

7.0. Recomendaciones 59

Bibliografía

Glosario

Anexos

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO N°		N° Pág.
1	Parámetros para medir el agua residual	20
2	Generación de residuos en actividad avícola	23
3	Tratamientos de aguas residuales	24
4	Sistemas de humedales artificiales.	26
5	Procesos Naturales en un Humedal Artificial	29
6	Características del desarrollo de la planta	31
7	Resultados de la medición de temperatura fase I	46
8	Resultados de la medición de temperatura fase II	47
9	Resultados de pH fase I	48
10	Resultados de pH fase II	49
11	Resultado Grasas y Aceites	50
12	Resultado Sólidos Sedimentables	51
13	Resultado Sólidos Suspendidos totales	53
14	Resultado Demanda Química de Oxígeno	54
15	Resultado Demanda Bioquímica de Oxígeno	55

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N°		N° Pág.
1	Esquema humedal artificial vertical	27
2	Esquema humedal artificial horizontal	27
3	Aerénquima	28
4	<i>Typha dominguensis Pers</i> (Tule)	30
5	Esquema del tratamiento de las aguas residuales	37
6	Grafico resultados de temperatura fase I	47
7	Grafico de la medición de temperatura fase II	48
8	Grafico resultados de pH fase I	49
9	Grafico resultados de pH fase II	50
10	Grafico de las Grasas y Aceites	51
11	Grafico de los Sólidos Sedimentables	52
12	Agua sin tratamiento	52
13	Agua con tratamiento	52
14	Grafico de los Sólidos Suspendidos Totales	53
15	Grafico de la Demanda Química de Oxígeno	54
16	Grafico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno	55

ÍNDICE ANEXOS

ANEXO N°

- 1 Humedal artificial de flujo subsuperficial vertical
- 2 Identificación de *Typha dominguensis Pers* (Tule)
- 3 Métodos de parámetros fisicoquímicos
- 4 Informes de resultados de los análisis fisicoquímicos
- 5 Humedales construidos
- 6 Norma Salvadoreña NSO 13.49.01:09 Agua. Agua
residuales descargadas a un cuerpo receptor

ABREVIATURAS

A y G: Aceites y Grasas

CONACYT: Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

DBO₅: Demanda Bioquímica de Oxígeno medida a los 5 días.

DQO: Demanda Química de Oxígeno.

EPA: Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América).

L: Litro

NSO: Norma Salvadoreña Obligatoria.

mL: Mililitros

mL/L: Mililitros por litro

mg/L: Miligramos por litro

OD: Oxígeno Disuelto.

pH: Potencial de Hidrógeno

SS: Sólidos Sedimentables.

SST: Sólidos Suspendidos Totales

ST: Sólidos Totales

RESUMEN

La descarga de aguas residuales en cursos naturales de agua causan impacto ambiental negativo por su elevada contaminación, la necesidad de una solución es urgente. Y para ello se aprovechó la actividad descontaminante de los humedales naturales, mediante el diseño y construcción de un humedal artificial de flujo Subsuperficial de 4 estadios empleando *Typha dominguensis Pers* (Tule) como especie vegetal para el tratamiento de aguas residuales de la Industria avícola. El tratamiento se realizó en dos fases, la primera fase de estabilización y la segunda fase de tratamiento por un periodo de 1 mes respectivamente, tomando valores de pH y Temperatura diariamente en ambas fases con el fin de monitorear las condiciones oligotróficas de la planta. Se concluye que el tratamiento es efectivo al evidenciarse una disminución de los contaminantes investigados en el análisis fisicoquímico por debajo de los valores permisibles para aguas residuales avícolas según la Norma Salvadoreña Obligatoria Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13: 49. 01.09: Aceites y Grasas de 51.4 mg/L a 32.9 mg/L (valor permisible 50 mg/L), Sólidos sedimentables 0.4 mg/L a menor 0.2 mg/L (valor permisible 15 mg/L), Sólidos Suspendidos Totales 136 mg/L a 60 mg/L (valor permisible 150 mg/L), Demanda Química de Oxígeno 1660 mg/L a 87.0 mg/L (valor permisible 800 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno 1030 mg/L a 60.0 mg/L (valor permisible es 300 mg/L). Por lo que se recomienda aplicar esta propuesta para aguas residuales avícolas y posiblemente para otros tipos de agua de tipo especial.

Capítulo I
Introducción

1.0 INTRODUCCION

Las aguas residuales de la Industria Avícola, cuando son vertidas sin previo tratamiento a cuerpos de agua receptores superficiales causan efectos negativos en el cuerpo receptor, según la Organización Mundial para la Salud (OMS) causan disminución del oxígeno, depósitos de lodos, colores, desprendimiento de gases nauseabundos, destrucción de la microflora habitual y de la fauna y transmisión de enfermedades y adición de patógenos, de las bacterias, y de toxinas no-biodegradables al agua de superficie.

La naturaleza purifica las aguas superficiales a través de los humedales naturales sistemas constituidos de agua, flora y biota; este tratamiento biológico, provee un ecosistema más puro y sano. La contaminación de las aguas se ha incrementado considerablemente en los últimos años por lo que el hombre aprovechando esta ventaja de bajo costo y alta efectividad que proporciona la naturaleza ha desarrollado humedales artificiales en la fuente de origen de la contaminación.

El presente estudio consistió en proponer una alternativa de purificación de las aguas residuales de la industria avícola, utilizando un humedal artificial para disminuir la contaminación de aguas residuales en la fuente de origen; para lo que se diseñó un humedal artificial de tipo subsuperficial con 4 estadios con ***Typha domingensis Pers*** (Tule) como especie vegetal.

La investigación bibliográfica se realizó en varias bibliotecas en las que se investigaron fundamentos teóricos sobre el diseño de humedales artificiales.

En el estudio de campo se diseñó el humedal artificial y recolecto la planta. El tratamiento del agua residual en el humedal artificial; se realizó en dos fases: la

primera fase de estabilización del humedal artificial por un periodo de 1 mes, y la segunda fase de tratamiento por un periodo de 1 mes. Los cuales se realizaron en Septiembre y Diciembre del año 2011 en las instalaciones de la industria avícola ARANIVA.

En la parte experimental la actividad depuradora del humedal artificial se verificó a través de los parámetros fisicoquímico de: pH y temperatura los cuales se determinaron diariamente durante las dos fases; los parámetros fisicoquímicos que se analizaron en el agua sin tratamiento y el agua con tratamiento son: Aceites y Grasas, Sólidos sedimentables, Sólidos Suspendidos Totales, Demanda Química de Oxígeno (DQO), Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Los resultados de estos parámetros se compararon con la Norma Salvadoreña 13.49.01:09 Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. La determinación de parámetros fisicoquímicos de las aguas residuales en el Laboratorio Fisicoquímico de Aguas de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.

Capítulo II
Objetivos

2.0 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer el diseño de un humedal artificial para tratamiento de aguas residuales de la industria avícola.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- 2.2.1 Elaborar un humedal artificial para el tratamiento de aguas residuales de la industria avícola ARANIVA del municipio de Chinameca.
- 2.2.2 Activar el humedal artificial empleando *Typha dominguensis Pers* (Tule)
- 2.2.3 Medir el tiempo de actividad optima del humedal artificial.
- 2.2.4 Realizar muestreo para análisis fisicoquímicos: Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), Sólidos sedimentables, Sólidos suspendidos totales, Aceites y grasas. Antes y después de tratamiento.
- 2.2.5 Comparar los resultados del agua tratada en el humedal artificial con la Norma Salvadoreña 13.49.01:09 Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor.

Capítulo III
Marco teórico

3.0 MARCO TEORICO

3.1 Generalidades del agua:

El agua es esencial para la supervivencia de todas las formas conocidas de vida. Útil en procesos industriales, 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 (lavado, limpieza general), entre otros.

El agua natural puede contener una gran variedad de impurezas, características del ciclo hidrológico que experimenta, cuando las impurezas presentan elementos nocivos se denomina contaminantes, esto se traduce al grado que determina si una impureza es contaminante o no. De esta manera se conocen los diferentes tipos de agua. (5)

- Agua residual: Es el agua resultante de cualquier uso, proceso u operaciones de tipo agropecuario, doméstico e industrial, sin que forme parte de productos finales. (16)
- Aguas residuales de tipo especial: Agua residual generada por actividades agroindustriales, industriales, hospitalarias y todas aquellas que no se consideran de tipo ordinario. (16)
- Aguas residuales de tipo ordinario: Agua residual generada por las actividades domésticas de los seres humanos, tales como el uso de servicios sanitarios, lavatorios, fregaderos, lavado de ropa, y otras similares. (16)
- Aguas grises: Son todas aquellas que son usadas en la higiene corporal o de la casa y sus utensilios. Básicamente son las aguas de jabón, algunos

residuos grasos de la cocina y detergentes biodegradables. Es importante señalar que las aguas grises pueden transformarse en aguas negras si son retenidas sin oxigenar en un tiempo corto. (21)

- Aguas negras: Son las que resultan de los sanitarios. A partir de análisis de las aguas negras puede inferirse (Hunter y Heukelekian, 1965) que aproximadamente el 80% de la Demanda Química de Oxígeno (DBO) en el agua negra bruta, es atribuible al material que está en estado coloidal o de superior tamaño. (21)

Cuando a éstas se unen aguas por infiltración, aportes incontrolados o escorrentía, se habla de aguas residuales urbanas o municipales. (5)

Contaminación: Es la presencia o introducción al ambiente de elementos nocivos a la vida, la flora, o la fauna, o que degraden la calidad de la atmosfera, del agua, del suelo, o de los bienes y recursos naturales en general conforme lo establece la ley (ley del Medio Ambiente de El Salvador 1998) (14)

La contaminación del agua se determina por los siguientes parámetros:

Cuadro N°1 Parámetros para medir el agua residual (17)

Físico	Químico	Biológico	Bacteriológico	Radiológico
Sabor, color, turbidez, conductividad y resistividad, sólidos (disueltos, suspendidos, totales) Temperatura	Gases disueltos, bicarbonatos y carbonatos, fosfatos, sodio, nitratos, aceites y grasas, potasio, cloruros metales tóxicos, coloides, alcalinidad, dureza, sulfatos, pH. Acidez mineral, calcio, magnesio, sílice, manganeso, fluoruros,	Demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, carbón orgánico total	Recuento de: Salmonella, Coliformes fecales y totales	Suelen medirse las actividades alfa y beta mediante contadores de centello.

Especial importancia es el análisis de Grasas y Aceites, especialmente la fracción suspendida, los excesos en este valor ocasionan problemas importantes en la operación del sistema de tratamiento biológico (inhibición de la actividad biológica, interferencia en la transferencia de oxígeno, generación de natas y espumas flotantes, problemas de olores, acidificación del agua). (5)

3.2 Características Físicas, Químicas y Biológicas de Aguas Residuales

– Temperatura:

La actividad microbiológica depende directamente de la temperatura existente en los lugares de vertido. Se admite que con un aumento de la intensidad de las reacciones biológicas es de 2 a 3, estando el límite superior entre los 70 a los 80°C. La temperatura del suelo en paralelos terrestres no extremos, admite la presencia y actividad de bacterias mesofilas, cuyo rango de temperatura oscila entre los 22 y los 40°C, si la temperatura sube o baja demasiado, la intensidad de oxidaciones por la vía microbiológica disminuye, e incluso se puede anularse (5); La evapotranspiración se calcula que a partir de los 24°C de temperatura media diaria, se pueden perder más de 5cm/día de agua, que equivalen aproximadamente a unos 250 m³/5 días. (6)

– Olor:

La importancia del olor radica principalmente en el grado que se produce, así como los efectos tóxicos que pueden producir las sustancias responsables de éste; Generalmente la percepción de un olor de aguas residuales ocasiona pérdida del apetito, disminución en el consumo de agua, respiración agitada, nauseas o vómito; también podría deteriorar las relaciones interpersonales y socioeconómicas. El mal olor de las aguas tratadas (como “huevos en descomposición”) indica procesos anaeróbicos y por lo tanto una situación muy

crítica (5). El lecho debe estar en reposo y la recarga debe disminuir o el suministro de oxígeno en el humedal debe ser mejorado. (28)

– Color:

La coloración anormal de las aguas residuales se debe a la presencia de sustancias disueltas o coloidales (color real) o en suspensión (color aparente), tanto orgánicas como inorgánicas; Por consiguiente, la presencia de color en las aguas tiene una consecuencia grave de contaminación estética, además de dificultar los procesos de fotosíntesis e intercambio de oxígeno. La detección de color grisáceo, indica un insuficiente suministro de oxígeno (5). La reacción debe ser: En el caso de humedales de Flujo Vertical se debe controlar una distribución uniforme, podría suceder que los plazos de alimentación son muy cortos, por lo tanto la superficie no logra secar o el lecho está obstruido. (10)

– pH:

Un valor inadecuado de pH en las aguas residuales puede afectar el desarrollo de los microorganismos y las plantas acuáticas que intervienen en los procesos biológicos. (5)

– Materia orgánica:

La materia orgánica requiere para ser oxidada grandes cantidades de oxígeno, por esta razón cuando se descargan aguas residuales con elevada Demanda Bioquímica de Oxígeno en el entorno acuático, su estabilización o degradación puede llevar al agotamiento de los recursos naturales oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas. (5)

Por otra parte, las sustancias orgánicas no biodegradables permanecerán en el agua dando origen a alteraciones físicas, tales como olores desagradables,

formación de espumas, acumulación de materia flotante e interferencia en la vida biológica de las aguas superficiales. (5)

– Biológicos:

Los organismos pueden ser vegetales o animales. Los principales microorganismos presentes en las aguas residuales son bacterias, hongos, algas, protozoos, gusanos, rotíferos, crustáceos y virus. (5)

Por su parte, las bacterias son un grupo muy importante, ya que constituyen el sector de microorganismos encargado de oxidar la materia orgánica presente en las aguas residuales. Desde al punto de vista sanitario, los organismos patógenos, causan enfermedades como fiebre, disentería, diarrea y cólera. (5)

3.3 Industria Avícola:

La presencia de contaminantes en las aguas residuales de la industria avícola tienen su origen en el contacto de las aguas empleadas en el proceso con la sangre no colectada, grasas, deyecciones, plumas y otros residuos. Entre los factores que determinan la concentración de estos parámetros están: la eficiencia de recolección de la sangre; el grado de manejo de las deyecciones, especialmente desde las áreas de recepción y la recolección de las grasas, piel y plumas. (5)

Cuadro N°2 Generación de residuos en actividad avícola. (7)

Planteles de Crianza de pollos Broiller (por ave/año)		Faenadoras de Carnes de Aves (por 1,000 aves procesadas)	
Volumen residuos líquidos	0,04 m ³	Volumen residuos líquidos	37,5 m ³
Demanda biológica de Oxígeno	1,4 Kg	Demanda biológica de Oxígeno	11,9 Kg
		Grasas	5,6 Kg
		Volumen residuos sólidos	35 Kg

Por consiguiente, la principal fuente de Demanda Bioquímica de Oxígeno, en las aguas residuales de las industrias avícolas es la sangre, puede provenir desde heces y orina. A su vez, la presencia de patógenos de origen entérico también se suma a la composición de las aguas, como *Salmonella sp. Campylobacter jejuni*, parásitos gastrointestinales y virus entéricos patógenos. (10)

3.4 Tratamiento de Aguas Residuales de Industrias Avícolas

Definición: Es la utilización de procesos físicos, químicos y/o biológicos, definidos para depurar las condiciones de las aguas residuales a través de operaciones y procesos unitarios: preliminares, primarios, secundarios o avanzados a fin de cumplir con las normas vigentes. (16)

Los tratamientos de las aguas residuales de la industria avícola se clasifican en tres categorías: (10)

Cuadro N°3 Tratamientos de aguas residuales (5)

Operaciones físicas	Procesos químicos	Procesos biológicos
Desbaste, Tamizado, Desarenado, Trituración, Desengrasado, flotación, filtración, sedimentación, transferencia de gases	Coagulación, Precipitación química, Desinfección, Neutralización, Intercambio iónico, adsorción, procesos de membranas	Lodos activados, Filtros percoladores, Biodiscos, Lagunas aireadas, Lagunas de estabilización, Reactores anaerobios, Humedales artificiales

Los métodos de tratamiento para aguas residuales se clasifican en tres grupos:

- Primarios: Para remover sólidos sedimentables y suspendidos.

Las unidades empleadas son los tamices, DAF y tanques de igualación, frecuentemente se adicionan químicos para mejorar la eficiencia de las unidades de tratamiento. (5)

- Secundarios: Para remover materia orgánica.

En este se usan lagunas, lodos activados, lagunas de oxidación, reactores por carga. También se han empleado secuencia de procesos anaerobios y aerobios; electrocoagulación. (5)

- Terciarios: Para remover nitrógeno y fósforo o sólidos

Empleando: Reactor UASB acoplado a un sistema de lodos activados, reactor de película fija aeróbico-anaeróbico, reactor híbrido anaeróbico con desnitrificante conectado a un filtro biológico de flujo ascendente como nitrificador, reactor SBR con aireación intermitente. (5)

3.5 Los humedales

Definición: La Convención RAMSAR menciona que el término humedales se refiere a una amplia gama de hábitat interior, costero y marino, y lo define como: “Extensiones de marismas, pantanos, turberas o aguas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluyendo las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda los 6 metros”. (15)

3.6 Humedal artificial

Definición: Sistemas complejos e integrados en los que tienen lugar interacciones entre el agua, plantas, animales, microorganismos, energía solar, suelo y aire; con el propósito de mejorar la calidad del agua residual y proveer un mejoramiento ambiental. (10)

La primera investigación sobre la posibilidad de tratar aguas residuales en plantas de humedales fue realizada por el Dr. Seidel en 1952 en el Instituto Max Planck de Plön, Alemania. En la década del 90 hubo un mayor aumento del

número debido a la ampliación de tratamiento de diferentes tipos de aguas residuales.

Existen dos tipos de humedales, específicos que se diferencian según sea el sistema de circulación de las aguas aplicadas. (6)

Cuadro N°4 Sistemas de humedales artificiales. (6)

Humedales de superficie libre de agua	Humedales subsuperficiales
<ul style="list-style-type: none"> -Superficie libre de agua. -Flujo de circulación del agua en la lámina libre sobre un lecho en el que enraízan los vegetales del humedal. -Menor costo de instalación. -Hidráulica sencilla. -Tienen gran parte de las propiedades de los humedales naturales. -Las bajas temperaturas provocan descensos en el rendimiento. 	<ul style="list-style-type: none"> -Lecho vegetal sumergido. -Flujo sumergido, a través de un medio granular. -Hidráulica más complicada. -Tratamiento más eficaz. -Necesitan poco espacio. -Flujo oculto. -Sin olores. -Soportan bien temperaturas baja -Mayor costo de instalación

Según el sentido del flujo de agua, los humedales subsuperficiales se clasifican en sistemas de flujo vertical y horizontal.

– Sistema de flujo subsuperficia Vertical: (Ver figura N°1)

El afluente se reparte por la superficie del humedal, fluye en su seno, experimentando un tratamiento físico (filtración), químico (adsorción) y biológico (biomasa fijada sobre soporte fino). (13)

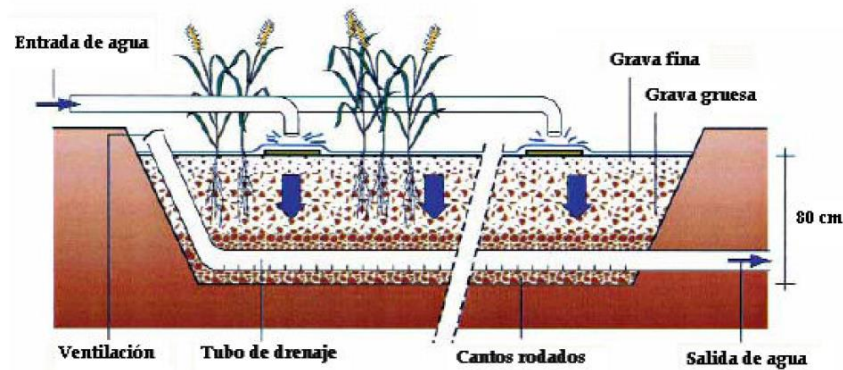


Figura N°1 Esquema Sistema de flujo subsuperficial Vertical. (13)

– Sistema de flujo subsuperficial Horizontal: (Ver figura N°2)

El lecho filtrante está casi totalmente lleno de agua. El efluente se reparte sobre todo el ancho y alto del lecho por la acción de un sistema distribuidor situado a un extremo del humedal y fluye principalmente en sentido horizontal a través del estrato. La evacuación se realiza mediante un drenaje colocado en el extremo opuesto al sistema de llenado, que permite ajustar la altura del agua en el lecho, de tal modo que la película de agua se mantenga aproximadamente a 5 cm por debajo de la superficie del material granular para evitar el flujo superficial que provocaría un cortocircuito en la cadena de tratamiento y puede promover la proliferación de insectos y la generación de malos olores. (13)

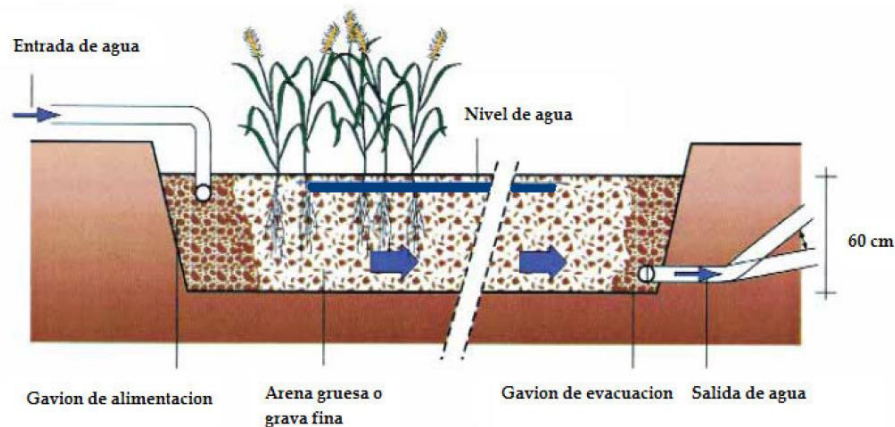


Figura N°2 Esquema Sistema de flujo subsuperficial Horizontal. (13)

3.7 Consideraciones del tamaño de los humedales artificiales:

Se puede probar el cálculo con profundidad variando de 55 a 85 cm para encontrar un tamaño apropiado. Estos cálculos están basados en la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO). (28)

3.8 Funcionamiento de los humedales artificiales:

Estos sistemas consisten normalmente en un monocultivo o policultivo de plantas superiores dispuestas en lagunas, tanques o canales poco profundos. El efluente, normalmente después de recibir un tratamiento primario, pasa a través del humedal durante un tiempo adecuado (tiempo de retención), donde es tratado a través de varios procesos físico-químicos y bacteriológicos. (21)

Las plantas del humedal transfieren oxígeno produciéndolo por fotosíntesis o del aire e inyectarlo a la zona sumergida de la raíz por el Arénquima, por una presión mayor del Oxígeno generada de las hojas y del tallo en las raíces. (28)



Figura N°3 Arénquima (2)

Cuadro N°5 Procesos Naturales en un humedal artificial. (6)

Fase	Proceso
Acción bacteriana	Conversión y transformación de contaminantes. En la transformación aerobia de los residuos orgánicos se consume Oxígeno. Siempre se reduce la DBO.
Absorción de Oxígeno	Si la lamina líquida del humedal no esta en saturación de Oxígeno disuelto, lo toma de la atmósfera.
Desorción	Es la situación contraria a la absorción de Oxígeno.
Sedimentación	Se debe al movimiento lento del líquido, que hace que los sólidos en suspensión se depositen en el fondo. En ciertos casos se produce una floculación. En otros se produce turbulencias (en la entrada) que hacen que estos sólidos se distribuyan uniformemente por todo el humedal.
Degradación natural	La supervivencia de muchos organismos tiene un plazo limitado, por lo que gran parte de ellos muere pasado un periodo de tiempo en el humedal. Por otra parte, la acción fotoquímica provoca la oxidación de muchos componentes orgánicos.
Adsorción	Muchos contaminantes químicos tienden a unirse por adsorción con diversos sólidos, lo que dependerá, en gran parte, de la cantidad y composición de estos presentes en la fase líquida en forma de suspensión. Esta adsorción se completa después casi siempre con la posterior sedimentación.
Volatilización	Los contaminantes volátiles presentes en el líquido se transfieren a la atmósfera.
Reacciones químicas	A parte de las reacciones fotoquímicas, en el humedal existen fenómenos de hidrólisis, oxidaciones diversas, reducciones, entre otras.
Evaporación	A parte de la volatilización y de la desorción de Oxígeno, muchos gases que se pueden aportar con el afluente se pueden evaporar, y lo mismo ocurre con parte de la masa del humedal, que puede ver reducido así su volumen.

3.9 Tiempo de Retención para humedales construidos para tratamiento de aguas residuales:

En el libro Crites y Tchobanoglous (1998), estima un K_{20} de 1.1 día^{-1} ; Mientras Tchobanoglous y Burton (1991) estima un K_{20} de 1.35 día^{-1} para humedales construidos para el tratamiento de aguas negras. (28)

$$t = -\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)/K_r$$

Ecuación 1:

$$t = -\ln\left(\frac{C}{C_0}\right)/K_r$$

Donde:

t= Tiempo de retención

C= Concentración de DBO deseada del agua que sale del sistema, (mg/L).

Una meta razonable es de 3-7 mg/L.

Co= Concentración de DBO del agua que entra al sistema, (mg/L)

Kr= Constante de velocidad de reacción, día⁻¹

3.10 Taxonomía de la especie vegetal

Grupo:	Monocotiledoneas
Clase:	Equisetopsida
Subclase:	Magnolidae
Orden:	Pequeñas poales
Familia:	Typhaceae
Género:	Typha
Nombre científico:	<i>Typha domingensis Pers</i>
Nombre común:	Tule, Tul, Petalzimicua

3.11 Descripción de la planta *Typha domingensis Pers* (Tule): (Ver figura N°4)

Tallos 2.5–4 m de alto. Hojas 10 o más, lineares, planas, hasta 2.5 m de largo y 1.5 cm de ancho. Inflorescencias con las flores estaminadas y pistiladas separadas; inflorescencias carpeladas café-bronceadas; polen solitario; Localmente abundante en aguas poco profundas o en áreas inundadas, en las zonas norcentral y pacífica; 0–900 m; Golfo de México hasta Argentina.

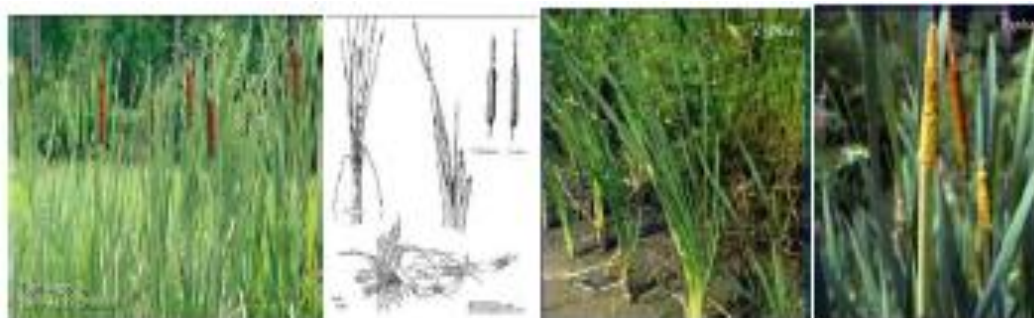


Figura N° 4 *Typha dominguensis Pers* (Tule) (13)

Es robusta, capaz de crecer bajo diversas condiciones medioambientales, y se propaga fácilmente, por lo que representa una especie de planta ideal para un humedal artificial. También es capaz de producir una biomasa anual grande y tiene un potencial pequeño de remoción de Nitrógeno y Fósforo por vía de la poda y cosecha. Los rizomas de Espadaña plantados a intervalos de aproximadamente 0.6 m pueden producir una cubierta densa en menos de un año. Tiene una baja penetración en grava (0.3 m) por lo que no es recomendable para sistemas de flujo subsuperficial. (13)

Cuadro N°6 Características del desarrollo de la planta.

Nombre latino	Temperatura deseable °C	Profundidad de las raíces m	Máxima salinidad tolerable ppt	Rango efectivo de pH	Velocidad de crecimiento	Espacio normal m
<i>Typha sp</i>	10 – 30	0.3 – 0.4	30	4 - 10	Rápida	0.6

3.12 Parámetros Físicoquímicos

1. Grasas y aceites flotables solubles en triclorotrifluoroetano.

Definición: Sustancias químicas no miscibles en el agua pero soluble en solventes designados en los métodos de análisis. (16)

La prueba de grasas y aceites flotantes no mide un tipo exacto de estas sustancias; mas bien los resultados vienen determinados por la prueba. La

fracción medida incluye aceite y grasa, ambos flotantes y adheribles a las paredes del vaso de prueba. Las porciones adherible y flotante revisten una importancia práctica similar, ya que se presupone que la mayor parte de la porción adherente flotaría en otras condiciones del agua recibida. (1)

2. Sólidos Sedimentables.

Definición: Materia que se deposita por acción de la gravedad en el fondo de cualquier recipiente o cuerpo receptor que contenga agua. (16)

Método gravimétrico se fundamenta en la determinación y diferencia de los mg de sólidos totales en suspensión/L menos los mg de sólidos no sedimentables/L. El resultado son los mg de sólidos sedimentables/L. (1)

3. Sólidos totales en Suspensión secados a 103-105°.

Definición: Son sólidos no solubles que representan la diferencia entre los sólidos totales y los sólidos totales disueltos. (16)

Se fundamenta en filtrar una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105°C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si este material obtura el filtro y prolonga la operación de filtrado, la diferencia entre el total de sólidos y el total de sólidos disueltos puede proporcionar un cálculo aproximado de los sólidos totales en suspensión. (1)

4. Requerimiento de Oxígeno Químico, Método colorimétrico.

Definición: Cantidad de Oxígeno necesaria para producir la oxidación fuerte de sustancias susceptibles de origen inorgánico presentes en el agua. (16)

La muestra de agua se oxida con una solución sulfúrica caliente de dicromato potásico y sulfato de plata como catalizador. Los cloruros son enmascarados con sulfato de mercurio. A continuación se determina fotométricamente la concentración de los iones Cr^{3+} verdes. (1)

5. Requerimiento de Oxígeno Bioquímico

Definición: Cantidad de Oxígeno necesaria para la oxidación biológica de sustancia orgánica biodegradable presentes en el agua, a los 5 días a 20°. (16)

Se basa en la determinación de Oxígeno Disuelto a diferentes intervalos de tiempo. El procedimiento usual recomienda que la temperatura de incubación debe ser constante y esta es de 20°C±1°C. (1)

5.1 Oxígeno disuelto

Definición: Reservas de Oxígeno libre o en compuestos disueltos en el agua. Es expresado como mg de oxígeno (O₂), por litro de agua. Se considera que un contenido menor de 4 mg de OD por litro de agua es un medio adverso para una gran cantidad de peces y organismos acuáticos que no pueden realizar funciones metabólicamente, valores cercanos a 0 mg/L los limita totalmente. (6)

La medición consiste en la adición de solución de manganeso, y de álcali, a la muestra. El Oxígeno Disuelto oxida un equivalente del precipitado disperso de hidróxidos. En presencia de iones yoduro, en solución ácida, el manganeso oxidado revierte al estado divalente, con liberación de yodo equivalente al Oxígeno disuelto. Se valora el yodo con una solución patrón de Tiosulfato. (1)

5.2 pH método electrométrico.

Potencial de Hidrógeno pH: Sorenson definió el pH como el $-\log [H^+]$; es el factor de intensidad o acidez. (1)

Mide la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas. La fuerza electromotriz (fem) producida electrodo varía linealmente con el pH y esta relación lineal se describe comparando la fem medida con el pH de diferentes tampones. El pH de la muestra se determina por extrapolación. (1)

Capítulo IV
Diseño metodológico

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

4.1 Tipo de estudio:

- De campo: Porque la toma de muestra se realizo en el lugar de origen las aguas residuales de tipo especial de la Industria avícola ARANIVA, ubicada en el municipio de Chinameca, San Miguel.
- Retrospectivo: Se parte de diseños de humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales existentes.
- Experimental: Se evalúa parámetros fisicoquímicos exigidos por la Normativa Salvadoreña de aguas residuales de tipo especial de la Industria avícola; el agua antes y después del tratamiento con el humedal artificial.
- Prospectivo: A partir de los diseños de humedales artificiales existentes se propondrá uno que sirva para el tratamiento de las aguas residuales de tipo especial de la Industria avícola ARANIVA del municipio de Chinameca, San Miguel.

4.2 Investigación bibliográfica

- Biblioteca “Doctor Benjamín Orozco” Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador
- Biblioteca “Miguel Mármol” de la Facultad de las Ingenierías y Arquitectura, Universidad de El Salvador
- Biblioteca “P. Florentino Idoate, S.J”, Universidad Centroamericana “José Simeón Cañas”
- Biblioteca sección Técnica Científica, Asociación Jardín Botánico La Laguna
- Biblioteca Áreas Naturales Protegidas y Corredor Biológico, Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales

- Biblioteca Departamento de Biología, Universidad de El Salvador, San Miguel

4.3 Investigación de campo:

- Universo: Todos los humedales artificiales para tratamiento de aguas residuales
- Muestra: Diseño y construcción de un humedal artificial, de flujo subsuperficial, vertical de 4 estadios con *Typha dominguensis Pers* (Tule) como especie vegetal. Para el tratamiento del agua residuales de la industria avícola ARANIVA ubicada en Chinameca. Departamento de San Miguel
- Tipo de Muestreo: Dirigido y Puntual.
- Cantidad de agua utilizada: 3 galones por estadio haciendo un total de 12 galones para fase 1
- Tiempo de Investigación de campo: :
Fase 1: fase de estabilización, 1 mes
Fase 2: fase de tratamiento. 1 mes.
- Recolección de muestras: de las aguas residuales de la industria avícola para el humedal y para Análisis Fisicoquímico.

4.4 Parte experimental:

Procedimiento general de Tratamiento de las aguas residuales.

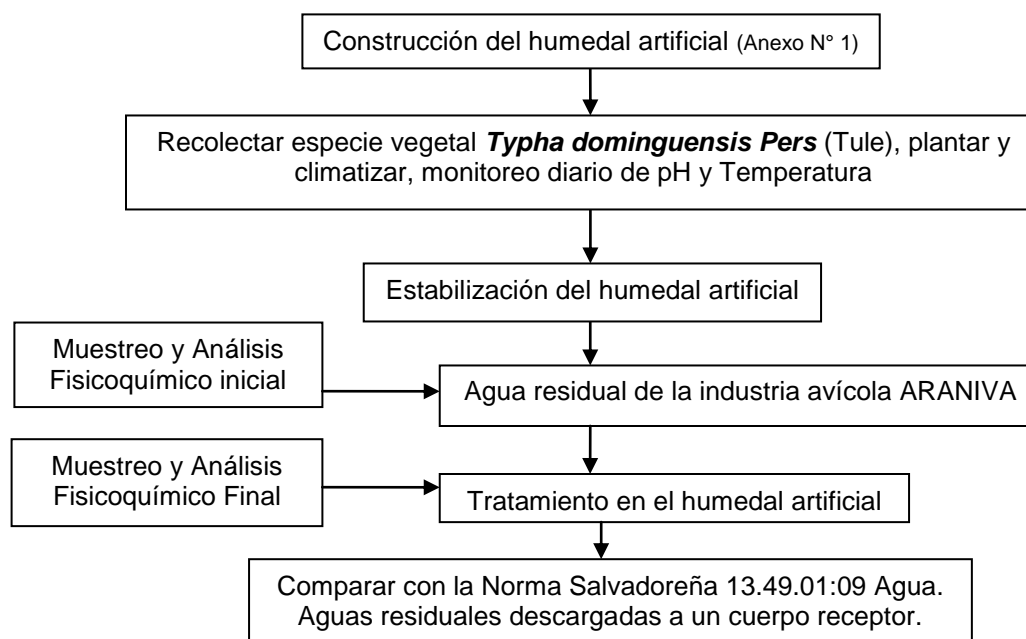


Figura N°5 Esquema del tratamiento de aguas residuales de tipo especial.

4.5 Construcción de Humedal Artificial (vol. 3 gal/estadio).

Procedimiento:

1. Colocar grava de 1 pulgada previamente lavada con agua potable cubriendo 2 terceras partes de la altura de las 4 cubetas plásticas de 5 galones.
2. Colocar las cubetas en el mueble a diferentes niveles de altura. (Anexo 1)
3. Colocar una manguera a cada estadio, dejando un extremo de esta a 5 cm de la base inferior del estadio y el otro sobre la superficie del siguiente estadio con una altura aproximadamente de 5 a 10 cm.
4. Agregar 3.0 galones de agua potable en cada una de las cubetas

5. Plantar la especie vegetal *Typha dominguensis Pers* (Tule) con desarrollo avanzado y climatizar por 2 días midiendo diariamente condiciones oligotróficas pH y Temperatura (Anexo 3)

4.6 Construcción de Humedal Artificial (vol. 25 gal/estadio).

Procedimiento:

Por las altas temperaturas de la zona se observó una alta evaporación por lo que se hizo necesario aumentar el volumen de agua y se sustituyeron las cubetas de 5 galones por barriles de 54 galones; esto a razón del consumo de agua.

1. Colocar grava de 1 pulgada previamente lavada con agua potable cubriendo 0.85 metros de la altura de 4 Barriles de 54 galones plásticos destapados.
2. Llenar lecho de grava de los barriles con agua potable que no sea reciente para evitar que el cloro residual afecte el desarrollo de la plantas.
3. Plantar 2 especies vegetales *Typha dominguensis Pers* (Tule) con desarrollo avanzado por estadio (Ver anexo 5)
4. Medir pH y temperatura durante la fase I y Fase II (Anexo 3)

4.7 Activación del humedal fase I

Procedimiento:

1. Descargar el agua potable del estadio 1 y sustituir por agua residual avícola previamente filtrada para eliminar plumas y pedazos provenientes del faenado de los pollos.
2. Sustituir el agua potable por el agua residual en cada uno de los estadios restantes para que se genere la biota por biocenosis, Con un tiempo de retención por Barril de 7.53 días, calculado según ecuación 1.

$$t = -\ln\left(\frac{C}{C_0}\right) / Kr \quad \text{Ecuación 1.}$$

Donde:

t= Tiempo de retención

C= DBO del agua que sale del sistema, se tiene el más razonable 3 mg/L.

C₀= DBO del agua que entra al sistema a estabilizarlo se tiene el de OMS.

Kr= Constante de velocidad de reacción, se tiene el Crites y Tchobanoglous. (28)

Sustituyendo en ecuación 1:

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{11900 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}\right)}{1.1 \text{ día} - 1} = 7.53 \text{ días} \times 4 \text{ estadios} = 30.12 \text{ días}$$

4.8 Tratamiento del agua residual en el humedal. Fase II

Procedimiento:

1. Tomar una muestra de agua residual de tipo especial de la industria ARANIVA para determinar los parámetros fisicoquímicos. (Anexo 3)
2. Descargar el agua del estadio 1 y sustituir por 25 galones de agua residual avícola previamente filtrada, hacer pasar estos 25 galones sucesivamente por cada uno de los estadios. Con un tiempo de retención por barril de 6.42 días. Calculado según ecuación 1.

Sustituyendo en ecuación 1:

$$t = \frac{-\ln\left(\frac{3 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}{1030 \frac{\text{mg}}{\text{L}}}\right)}{1.1 \text{ día}} = 6.42 \text{ días} \times 4 \text{ estadios} = 25.68$$

Donde:

C= DBO del agua que sale del sistema, se tiene el más razonable 3 mg/L.

C_0 = DBO del agua que entra al sistema según análisis fisicoquímico inicial.

K_r = Constante de velocidad de reacción, se tiene el Crites y Tchobanoglous. (28)

3. Tomar una muestra para determinar parámetros fisicoquímicos del agua tratada en el humedal artificial: proceder como el numeral 1 procedimiento 4.

4.9 Toma de Muestra de Aguas Residuales de la Industria Avícola

1. Procedimiento del muestreo de aguas no confinadas. APHA 1992₍₁₎
2. Identificar 3 frascos con lugar, fecha, hora de muestreo y Tipo de muestra:
 - Frasco plástico 1L boca ancha con tapa para Sólidos Suspendidos Totales y Sólidos Sedimentables.
 - Frasco plástico 1L con tapa para Oxígeno Disuelto, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno y pH.
 - Frasco vidrio ámbar 1L con tapa para Aceites y Grasas.
3. Agregar la muestra a cada frasco para ambientarlos y repetirlo 3 veces.
4. Llenar completamente los frascos con la muestra por sifón
5. Mantener los frascos en frasco térmico a 10°C para trasladarlo al Laboratorio.

4.10 Determinación de Temperatura

1. Procedimiento para determinar Temperatura. APHA 1992₍₁₎
2. Introducir el bulbo del termómetro por 30 segundos en la muestra
3. Registrar la lectura indicada en el termómetro

4.11 Determinación de pH. Método con tira de papel

1. Humedecer una tira de papel pH (MERCK Universal indicator pH 0- 14) con

la muestra

2. Registre el valor de pH indicado en la escala de prueba

4.12 Determinación de Temperatura. Método Electrométrico. APHA 1992 ⁽¹⁾

- 4.1 Mantener a 25°C la muestra
- 4.2 Homogenizar la muestra
- 4.3 Calibrar el pHmetro con soluciones tampón estándar ó de pH conocido, desgasificadas, y a temperatura de 25°C
- 4.4 Tomar el pH de la muestra

4.13 Determinación de Aceites y grasas. APHA 1992 ⁽¹⁾

1. Llenar con la muestra un tubo y dejar un periodo de flotación de 30 minutos
2. Vaciar 900 mL de la muestra
3. Dejar por 5 minutos
4. Acidificar con ácido clorhídrico a pH 2
5. Extraer con 50 mL de triclorotrifluoroetano
6. Reposar para drenar solvente en vaso seco
7. Filtrar con matraz de tara conocida
8. Seguir con la extracción
9. Evaporar el solvente
10. Determinar el peso del residuo
11. Calcular Grasa y aceite flotables:

Grasas y Aceites mg/L= (A – B) X 1,000/ Muestra mL

Ecuación 2

Donde:

A= Ganancia de peso total del matraz tarado, mg

B= Residuo calculado a partir del blanco de solvente del mismo volumen que el utilizado en la prueba, mg.

4.14 Determinación de Sólidos Sedimentables: Método Gravimétrico. (1)

1. Llenar un cono de Imhoff hasta la marca 1-1 con una muestra mezclada
2. Dejar sedimentar durante 45 minutos
3. Remover suavemente las paredes del cono mediante rotación continua
4. Mantener en reposo 15 minutos
5. Regístrese el volumen de sólidos sedimentables del cono como mg por litro

4.15 Determinación de Sólidos totales en suspensión. (1)

1. Secar un crisol de Gooch a 103-105°C por 1 hora, enfriar en desecador y pesar hasta que la pérdida de peso de 0.5 mg entre pesada sucesiva.
2. Filtrar la muestra
3. Lavar con 10 mL de agua destilada
4. Filtrar por 3 minutos
5. Secar en horno a 103-105°C por 1 hora
6. Enfriar en desecador
7. Pesar hasta que la pérdida de peso sea menor de 4% del peso previo.
8. Calcular Sólidos totales en suspensión

Sólidos en Suspensión mg/L= $(A-B) \times 1,000 / \text{mL de muestra}$ Ecuación 3

Donde:

A= peso del filtro + residuo seco, mg

B= peso del filtro, mg

4.16 Determinación Demanda Química de Oxígeno (DQO); Reflujo cerrado, método colorimétrico. APHA 1992 ⁽¹⁾

- 1- Lavar con ácido sulfúrico 20%, una ampolla de 10 mL.
- 2- Colocar Solución de digestión 1.5 mL y ácido sulfúrico 3.5 mL; en la muestra de 2.5 mL .
- 3- Transferir a tubos de cultivo y taparlos.
- 4- Reflujo durante 2 horas a 148°C.
- 5- Enfriar por 10 minutos.
- 6- Agitar por balanceo.
- 7- Enfriar por 10 minutos.
- 8- Léanse la absorbancia a 600 nm.
- 9- Calcular el Requerimiento de Oxígeno Químico.

RQO en mg O₂/L= mg O₂ en volumen final x1000/mL de muestra Ecuación 4

4.17 Determinación del Requerimiento de Oxígeno Bioquímico (DBO₅) ⁽¹⁾

1. Ajustar en la muestra pH 6.5-7.5 con Hidróxido de sodio 5% ó ácido Sulfúrico diluido; no diluir más de 0.5% del volumen de la muestra.
2. Diluir con agua de dilución utilizado probeta de 1L; para Muestra no tratada 10/990mL, y para Muestra tratada 15/985mL
3. Mezclar con varilla tipo embolo
4. Transferir a 2 frascos de DBO de 300 mL
5. Determinar OD inicial
6. Determinar el OD final
7. Calcular el Requerimiento Bioquímico de Oxígeno

RBO en mg/L= (D1 – D2)/P

Ecuación 5

Donde:

D1= OD inicial, mg/L

D2= OD final, mg/L

P= Fracción volumétrica de la muestra utilizada

4.18 Determinación Oxígeno disuelto para (DBO): Método Titrimétrico. (1)

1. Incorporar a la muestra contenida en frasco DBO de 300 mL los siguientes reactivos 2.0 mL sulfato de manganeso, 3.0 mL álcali-yoduro.
 2. Mezclar hasta floclós a la mitad del volumen del frasco
 3. Colocar 1 mL de ácido sulfúrico concentrado
 4. Mezclar hasta dilución del floclós
 5. Titular 200 mL con tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta color paja rojizo.
 6. Colocar 2 mL de solución de almidón.
 7. Titular con tiosulfato de sodio 0.025 N, hasta que desaparezca el color Azul
 8. Calcular el Oxígeno Disuelto por la regla de tres
- 1 mL tiosulfato de sodio 0.025 N -----1 mg OD/L
- mL gastados de tiosulfato de sodio 0.025N -----X mg OD/L.

Capítulo V
Resultados y discusión de resultados

5.0 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Elaboración del humedal artificial.

Primero se construyó el humedal artificial de flujo subsuperficial vertical (Anexo N°5) con cubetas plásticas con capacidad para 5 galones por estadio. Por las altas temperaturas la muestra de agua disminuyó de volumen considerablemente por lo que se hizo necesario construir otro humedal con 4 barriles plásticos de 54 galones de capacidad para una muestra de 25 galones.

5.2 Identificación *Typha dominguensis Pers*(Tule):

La identificación de la planta se realizó en la Asociación Jardín Botánico La Laguna, Antiguo Cuscatlán por el responsable Lic. Dagoberto Rodríguez Delcid.

(Ver Anexo 2)

5.3 Resultados de temperatura fase I obtenido con el humedal artificial.

Cuadro N°7 Resultados de la medición de temperatura fase I

Temperatura Humedal artificial Fase I							
Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Día	T°C	Día	T°C	Día	T°C	Día	T°C
1	25.3	8	28.0	15	28.0	22	29.0
2	25.3	9	29.0	16	29.0	23	30.0
3	25.3	10	29.0	17	28.0	24	27.0
4	29.0	11	30.0	18	27.0	25	28.5
5	28.0	12	27.0	19	29.5	26	29.5
6	28.5	13	28.5	20	28.0	27	29.0
7	29.5	14	29.5	21	29.0	28	29.0

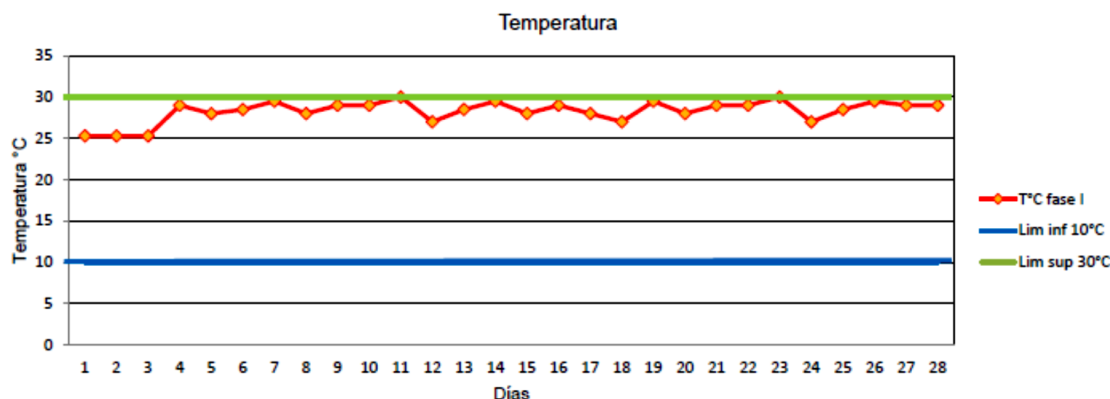


Figura N°6 Grafico resultados de temperatura fase I

En el cuadro N°7 se presentan los resultados de temperatura obtenidos en el humedal en la fase I y en la figura N°6 se grafican los resultados de temperatura y se comparan con las condiciones oligotróficas de temperatura 10°C a 30°C de *Typha dominguensis Pers* (Tule). Se puede observar que la mayor parte de los resultados se encuentran cercanos al límite superior del crecimiento óptimo de la planta y solo en los días 22 y 23 el límite máximo; sin que se observe ninguna evidencia de deterioro de la planta, esto se debe a que la planta se encontraba en un hábitat similar al que experimentaba en el humedal artificial.

5.4 Resultados de temperatura fase II obtenido en el humedal artificial.

Cuadro N°8 Resultados de la medición de temperatura fase II

Temperatura Humedal artificial Fase II							
Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Día	T°C	Día	T°C	Día	T°C	Día	T°C
1	29.0	8	29.0	15	30.0	22	30.0
2	29.0	9	29.0	16	27.0	23	28.0
3	30.0	10	30.0	17	28.5	24	28.0
4	27.0	11	30.0	18	29.5	25	29.0
5	28.5	12	28.0	19	29.0	26	29.0
6	29.5	13	28.0	20	29.0	27	30.0
7	29.0	14	29.0	21	30.0	28	27.0

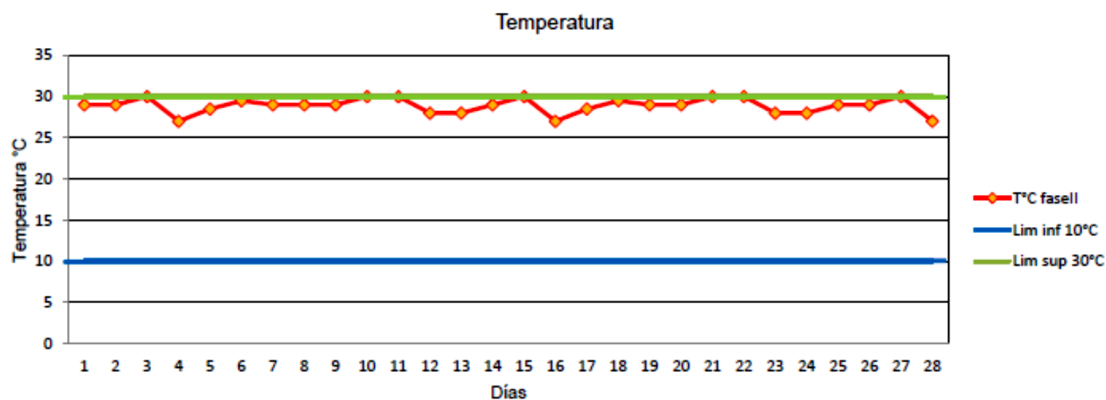


Figura N°7 Grafico de los resultados de la medición de temperatura fase II

En el cuadro N°8 se presentan los resultados de temperatura obtenidos en el humedal en la fase II y en la figura N°7 se grafican los resultados de temperatura y se comparan con las condiciones oligotróficas de temperatura 10°C a 30°C de *Typha dominguensis Pers* (Tule). Se puede observar que la mayor parte de los resultados se encuentran cercanos al límite superior del crecimiento óptimo de la planta y solo en los días 3, 10, 11, 21, 22 y 27 el límite máximo; sin que se observe ninguna evidencia de deterioro de la planta, esto se debe a que la planta se encontraba en un hábitat similar al humedal artificial.

5.5 Resultados de pH fase I obtenido con el humedal artificial.

Cuadro N°9 Resultados de pH fase I

pH Humedal artificial Fase I							
Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Día	pH	Día	pH	Día	pH	Día	pH
1	7	8	8	15	7	22	8
2	7	9	8	16	8	23	8
3	7	10	8	17	8	24	7
4	8	11	7	18	8	25	8
5	8	12	8	19	7	26	8
6	8	13	8	20	7	27	8
7	8	14	7	21	8	28	7

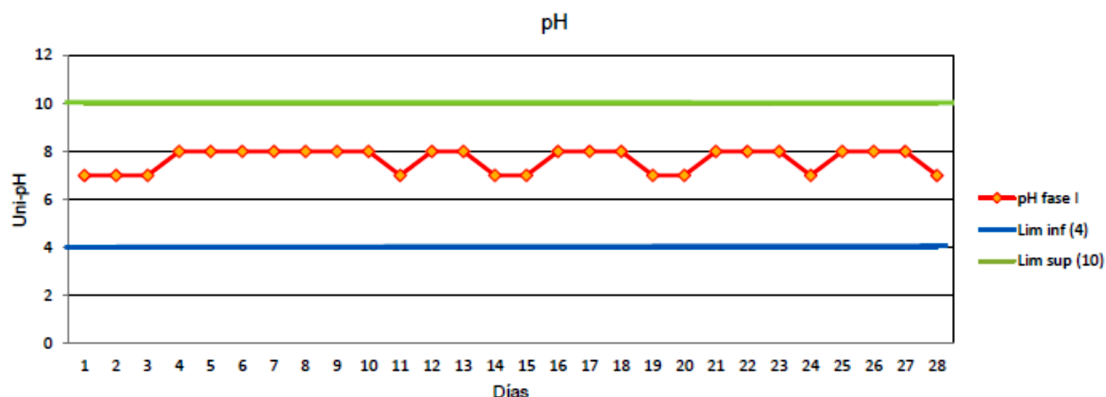


Figura N°8 Grafico resultados de pH fase I

En el cuadro N° 9 se presentan los resultados de pH obtenidos en el humedal en la fase I y en la figura N°8 se grafican los resultados de pH y se comparan con las condiciones oligotróficas de pH 4 – 10 de *Typha dominguensis Pers* (Tule). Se puede observar que los resultados no sobrepasan al límite superior del crecimiento óptimo de la planta; sin que se observe ninguna evidencia de deterioro de la planta.

5.6 Resultados de pH fase II obtenido en el humedal artificial.

Cuadro N°10 Resultados de pH fase II

pH Humedal artificial Fase II							
Semana 1		Semana 2		Semana 3		Semana 4	
Día	pH	Día	pH	Día	pH	Día	pH
1	8	8	8	15	7	22	8
2	8	9	8	16	8	23	8
3	8	10	8	17	8	24	7
4	8	11	7	18	8	25	8
5	8	12	8	19	7	26	8
6	8	13	8	20	7	27	8
7	7	14	7	21	8	28	7

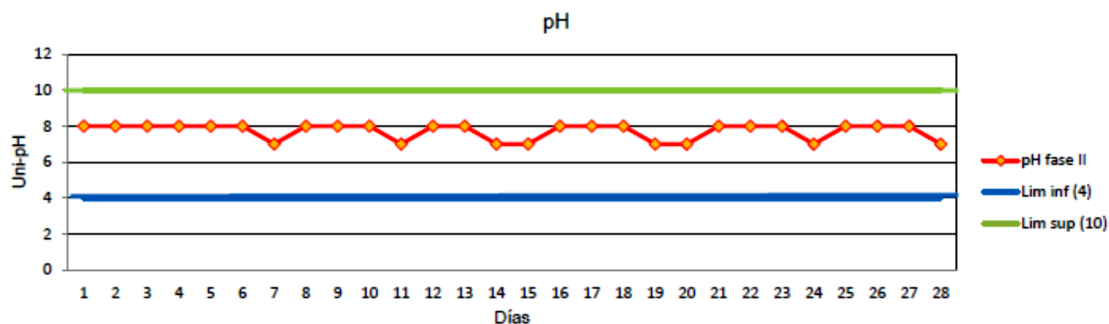


Figura N°9 Grafico resultados de pH fase II

En el cuadro N°10 se presentan los resultados de pH obtenidos en el humedal en la fase II los cuales se representan gráficamente en la figura N°9; se comparan con las condiciones oligotróficas de pH 4 – 10 de *Typha dominguensis Pers* (Tule). Se puede observar que los resultados no sobrepasan al límite superior de las condiciones oligotróficas de la planta.

5.7 Resultado Grasas y Aceites obtenido con el humedal artificial.

Cuadro N°11 Resultado Grasas y Aceites del agua tratada.

Parámetro	Inicial	Final	NSO13.49.01:09
Aceites y Grasas mg/L	51.4 mg/L	32.9 mg/L	50 mg/L

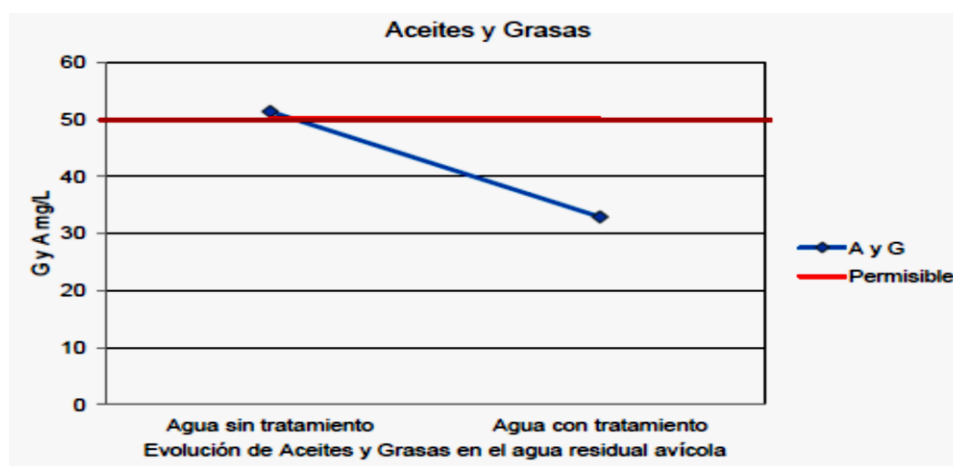


Figura N°10 Grafico resultado Grasas y Aceites obtenido con el humedal

En el cuadro N°11 presenta los resultados de aceites y grasas, los cuales se representan gráficamente en la figura N°10; donde inicialmente el agua residual de la Industria Avícola muestra un valor de 51.4 mg/L y al final del tratamiento mediante el Humedal Artificial se obtuvo un valor menor de 32.9 mg/L, el cual no supera el valor permisible por la NSO 13.49.01:09 Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor que es de 50 mg/L; Demostrando así la efectividad del Humedal Artificial para eliminar dichos contaminantes.

5.8 Resultado del análisis Sólidos Sedimentables del agua tratada.

Cuadro N°12 Resultado Sólidos Sedimentables del agua tratada.

Parámetro	Inicial	Final	NSO13.49.01:09
Sólidos Sedimentables mL/L	0.4 mL/L	<0.2 mL/L	15 mL/L

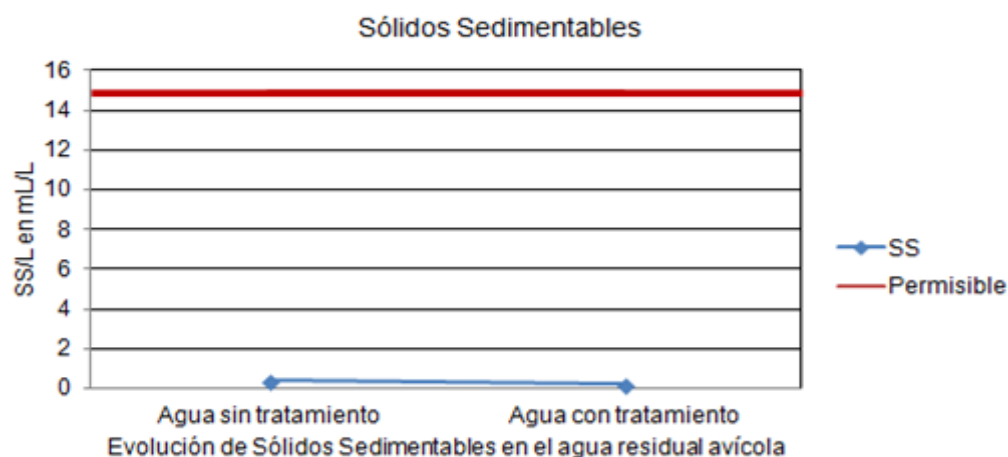


Figura N°11 Grafico resultado Sólidos Sedimentables obtenido con el humedal

En el cuadro N°12 presenta los resultados de Sólidos Sedimentables, los cuales se representan gráficamente en la figura N°11; donde el valor inicial fue de 0.4 mL/L antes del tratamiento mediante el Humedal Artificial se obtuvo finalmente valores menores a 0.2 mL/L, valor que al compararlo con la NSO 13. 49. 01: 09 no supera el límite permisible que es de 15 mL/L. Como se observa el Humedal

Artificial presenta una actividad reducida al considerarse la sedimentación como un proceso físico y no bioquímico.

5.9 Resultado del análisis Sólidos Suspendidos totales del agua tratada.

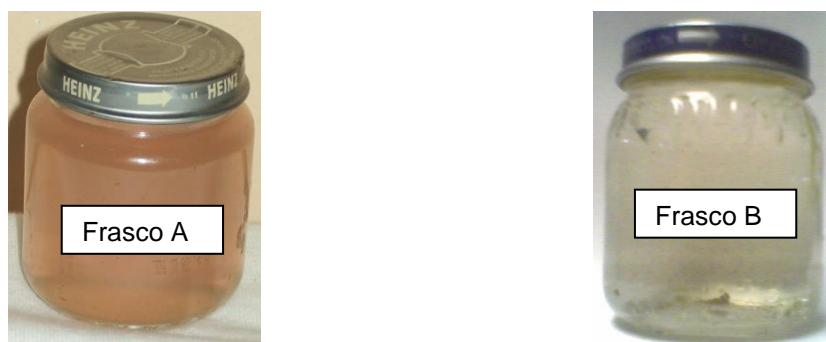


Figura N°12 Agua sin tratamiento Figura N°13 Agua con tratamiento.

En las figura N°12 y N°13 se observa: El frasco A contiene el agua residual de la industria avícola antes del tratamiento en el humedal artificial y el frasco B contiene la muestra del agua residual después de haber sido tratada en el humedal artificial; el color rojizo se debe a la presencia de sustancias disueltas, coloidales y en suspensión, tanto orgánicas como inorgánicas, que al pasar del tiempo y las altas temperaturas adquiere un color más oscuro debido a la oxidación de la sangre y la presencia de microorganismos; la transparencia del agua en el frasco B, demuestra una sedimentación de las partículas por fenómenos físicos, pasando a formar la biomasa.

Cuadro N° 13 Resultado Sólidos Suspendidos totales del agua tratada.

Parámetro	Inicial	Final	NSO13.49.01:09
Sólidos Suspendidos Totales mg/L	136 mg/L	60 mg/L	150 mg/L

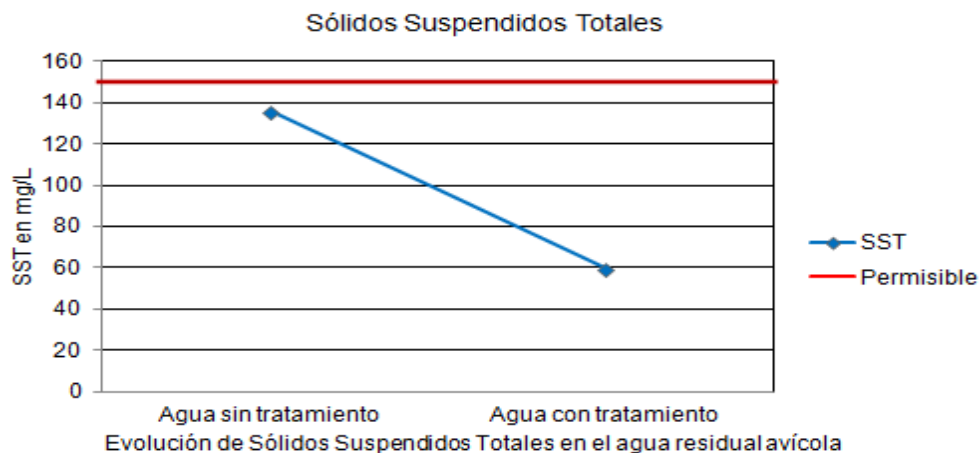


Figura N°14 Grafico de los resultados de los Sólidos Suspendidos Totales

En el cuadro N°13 se presentan los resultados de Sólidos Suspendidos Totales los cuales se representan gráficamente en la Figura N°14 donde la muestra inicialmente presentó un valor de 136 mg/L y al final del tratamiento en el Humedal Artificial se obtuvo un valor de 60 mg/L; aunque el agua residual avícola no sobrepasa el valor permisible por la NSO 13.49.01:09 que es de 150 mg/L se evidencia una actividad del Humedal Artificial eficiente.

5.10 Resultado Demanda Química de Oxígeno del agua tratada.

Cuadro N°14 Demanda Química de Oxígeno obtenida con el humedal

Parámetro	Inicial	Final	NSO13.49.01:09
Demanda Química de Oxígeno mg/L	1660 mg/L	87.0 mg/L	800 mg/L

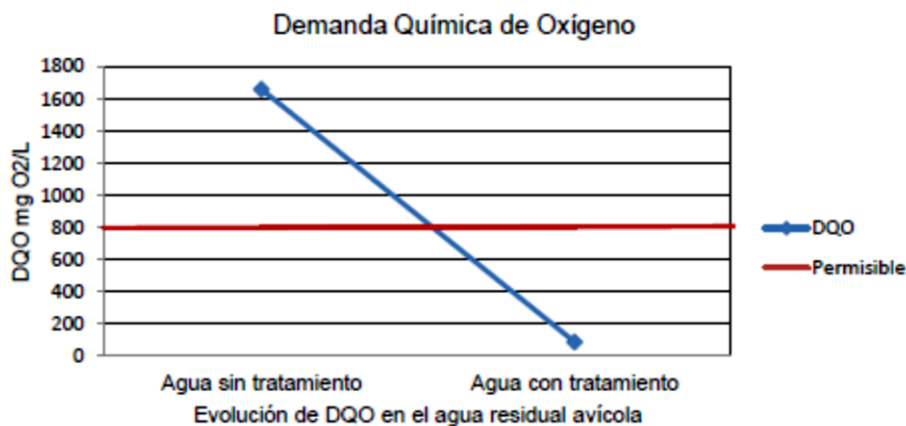


Figura N°15 Grafico Demanda Química de Oxígeno obtenida con el humedal

El cuadro N° 14 muestra los resultados obtenidos del análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO), los cuales se presentan gráficamente en la figura N° 15 donde inicialmente el agua residual avícola ingresa al Humedal Artificial con 1660 mg/L y al final del tratamiento se obtuvo un valor de 87 mg/L el cual no supera el valor permisible de 800 mg/L, por la NSO 13.49.01:09 Lo que evidencia una eficiente actividad depuradora.

5.11 Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno del humedal.

Cuadro N°15 Resultado Demanda Bioquímica de Oxígeno del agua tratada.

Parámetro	Inicial	Final	NSO13.49.01:09
Demanda Bioquímica de Oxígeno mg/L	1030 mg/L	60.0 mg/L	300 mg/L

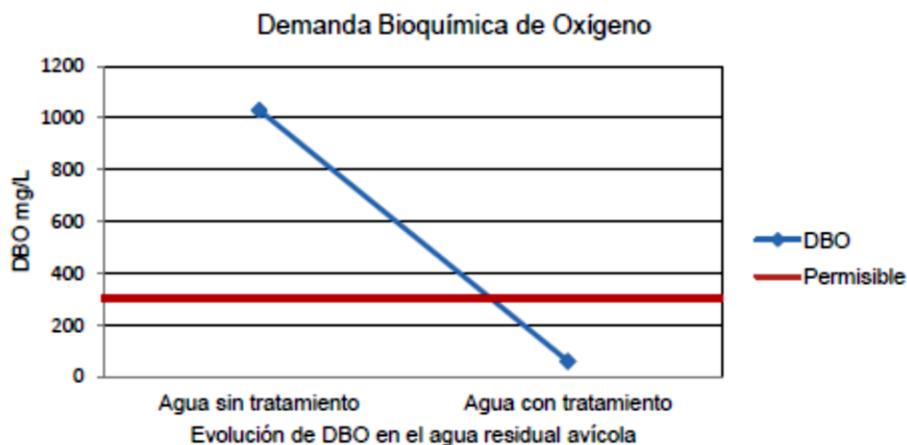


Figura N°16 Grafico resultados Demanda Bioquímica de Oxígeno

El cuadro N° 15 presenta los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) realizada al agua residual de la Industria Avícola, los cuales se representan gráficamente en la Figura N° 16; donde al inicio del tratamiento el agua residual ingresa con un valor de 1030 mg/L y al final del tratamiento en el Humedal Artificial el valor disminuye a 60.0 mg/L, el cual no supera el valor permisible de 300 mg/L establecido por la NSO 13.49.01:09. Lo que demostró una eficiente actividad depuradora para aguas residuales de productos avícolas.

Capítulo VI
Conclusiones

6.0 CONCLUSIONES

1. Las condiciones de temperatura del humedal artificial no afecta el desarrollo de la especie vegetal nativa *Typha dominguensis Pers* (Tule) debido a que las condiciones de temperatura del hábitat donde se recolectaron las especies vegetales son similares y no se sobrepasa el rango de las condiciones oligotróficas.
2. Las condiciones de pH en el humedal artificial no afecta el desarrollo de la especie vegetal *Typha dominguensis Pers* (Tule) debido a que los ejemplares plantados se encontraban completamente desarrollados y el pH del humedal artificial no sobrepasa el rango de las condiciones oligotróficas.
3. La actividad del humedal para eliminar Aceites y Grasas es eficiente debido a que se obtuvo una disminución de 51.4 a 32.9 mg/L inferior al de la NSO13.49.01:09 de 50 mg/L.
4. En el humedal artificial los Sólidos Sedimentables se reducen de 0.4 a menor de 0.2 mL/L evidenciando un proceso físico para la formación de biota, ambos valores son inferiores comparándolos con el valor permisible de 15 mL/L de la NSO13.49.01:09.
5. El tratamiento es efectivo para Sólidos Suspendidos totales al evidenciarse la remoción de 136 mg/L a 60 mg/L. Ambos valores son inferiores a 150 mg/L de la NSO 13: 49. 01. 09; además se observó que el color rojizo del agua residual avícola al inicio, ya en el humedal artificial, muestra la ausencia de colores.

6. El humedal artificial es efectivo para degradar materia inorgánica la cual se evidencia con la disminución Demanda Química de Oxígeno (DQO) de 1660 mg/L a 87 mg/L valor inferior al de NSO13.49.01:09. de 800 mg/L; lo que evidencia que la cantidad de Oxígeno necesaria para degradar la materia inorgánica facilitado por las plantas del humedal artificial y el Oxígeno disuelto del agua residual avícola fue suficiente para reducir los contaminantes inorgánicos.
7. El humedal artificial es un tratamiento óptimo para contaminantes orgánicos expresado por la reducción de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) de 1030 mg/L a 60 mg/L valor inferior al de NSO13.49.01:09. de 300 mg/L; lo que evidencia que la cantidad de Oxígeno que necesitan las bacterias para degradar la materia orgánica fue lo suficiente para disminuir los contaminantes orgánicos.
8. El humedal artificial presenta en la muestra de agua residual una disminución mayor de contaminantes inorgánicos que orgánicos.
9. En todos los parámetros fisicoquímicos determinados se observó una disminución efectiva de los contaminantes por debajo de los límites permitidos de la NSO13.49.01:09: Aceites y Grasas de 51.4 mg/L a 32.9 mg/L (valor permisible 50 mg/L), Sólidos sedimentables 0.4 mg/L a menor 0.2 mg/L (valor permisible 15 mg/L), Sólidos Suspendidos Totales 136 mg/L a 60 mg/L (valor permisible 150 mg/L), Demanda Química de Oxígeno 1660 mg/L a 87.0 mg/L (valor permisible 800 mg/L), Demanda Bioquímica de Oxígeno 1030 mg/L a 60.0 mg/L (valor permisible es 300 mg/L).

Capítulo VII
Recomendaciones

7.0 RECOMENDACIONES

1. Utilizar los sistemas de humedales artificiales de acuerdo al tipo de agua residual para disminuir la contaminación del agua en el lugar de origen.
2. Diseñar humedales artificiales considerando el volumen de agua residual a tratar con el fin de disminuir el tiempo de estadía.
3. Incorporar la biota formada al humedal por la elaboración de un núcleo. Lo cual ayudaría en gran medida a reducir el tiempo de formación de la biota en el humedal artificial.
4. Aumentar el número de estadios para reducir el tiempo de retención en los humedales artificiales.
5. Aumentar el número de plantas para oxigenar más el humedal artificial.
6. Diseñar humedales artificiales con estadios que no permitan la redispersión de la biota por tormentas.
7. Mantener el nivel de agua en los humedales por debajo del nivel de la grava para evitar la proliferación de vectores los cuales ocasionan enfermedades.
8. Considerar en el diseño de los humedales artificiales la evaporación del agua.
9. Utilizar el envase correspondiente para la toma de muestra para que el análisis fisicoquímico sea trazable.

BIBLIOGRAFIA

1. APHA, AWWA, WPCF. 1992. Métodos Normalizados para análisis de aguas potables y residuales. 17^a ed. Díaz Santos, S.A. Madrid. España. pág. 4-106, 4-107, 4-108, 4-109, 4-110, 4-111, 4-112, 4-113, 4-114, 4-168, 4-169, 4-170.
2. Aruy M. 2006. Especies Aromatizantes y Condimento. 1^a ed. Editorial Mundi-prensa. España. Pág. 291, 258
3. Brikké F., 2006. Director Regional de Programa de Agua y Saneamiento del Banco Mundial (WSP) para América Latina y el Caribe, Biofiltro: Una opción sostenible para el tratamiento de aguas residuales en pequeñas localidades. Honduras: AZER Impresos
4. Briz J. 2004. Naturación Urbana: Cubiertas ecológicas y Mejora Ambiental. 2^aed. España: Grupo Mundi-prensa; pág. 10, 64, 104, 280, 341, 441
5. Caldera Marín Y. 2009. Eficiencia de una planta de tratamiento de aguas residuales de una industria avícola [tesis doctoral] Cabimas: Dirección Académica. Tecana American University. México.
6. Calvo M. 1999 Aguas Residuales: Tratamiento por Humedales Artificiales. 1^{ra} edición, Mundi-Prensa. España. pág. 65, 66, 187.
7. Centro Nacional de Producción más Limpia de Honduras; Guía de producción más limpia para la producción avícola; AGA & asociados-consultores en comunicaciones. 2009. Tegucigalpa. Honduras.
8. Diccionario Ambiental. 2007. 2^aed. Ecoediciones. Colombia: Pág. 150.
9. Diccionario de Ciencias. 2000. 1^aed. Complutense S.A. Madrid.España.
10. Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América). EPA. Humedales de flujo subsuperficial. [base de datos en internet]*. Washington, DC: EPA; Septiembre 1998, [Septiembre 2000; 25 Enero 2011]. <http://www.EPA.gov/owmitnet/mtbfact.htm>.
11. Fuentes J. Iniciación a la botánica. 2001. 3^aed. editorial Mundi-prensa. España. pág. 55, 67

12. Fernández J. La fitodepuración mediante humedales artificiales. Madrimasd. [revista en internet] 2006 [28 enero 2011], 1[2]. <http://www.madrimasd.org/informacionidi/noticias/noticia.asp?id=25006>
13. Mena Aquino S. y otros. 2006. Diseño, construcción y puesta en marcha de una unidad experimental de humedales artificiales [Tesis de Ingeniería] Dirección Académica. Universidad Centroamericana "José Simeón Cañas". San Salvador. El Salvador.
14. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Laguna el Jocotal [base de datos en internet]. San Salvador: MARN; Enero 1999 [19 de mayo 2011; 25 de mayo 2011] <http://www.marn.gob.sv>
15. Münch E. Humedales Artificiales para el tratamiento de aguas grises y aguas residuales domésticas en países en desarrollo [base de datos en internet] Alemania: Agencia de la Cooperación Técnica Alemana (GTZ), 2009, [2010, 28 enero 2011] <http://www.gtz.de>
16. Norma Salvadoreña de Agua. Aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor NSO 13. 49. 01. 09. Consejo Nacional para la Ciencia y la Tecnología (CONACYT). San Salvador, El Salvador.
17. Romero J. 1999. Tratamiento de aguas residuales por lagunas de estabilización. 3ª ed. Alfaomega. México D.F. Pág. 107, 108, 109.
18. Rodríguez L. Agua que vuelve a la vida a través de filtros verdes. Comunica [revista en Internet] 2010 [25 enero 2011]; 1: [2]. <http://www.comunica.edu.sv/index.php>
19. Romero M, Colín A., Sánchez E. y Ortiz M. Tratamiento de aguas residuales por un sistema piloto de humedales artificiales: evaluación de la remoción de la carga orgánica. [revista en internet]. 2009 [28 enero 2011] 3: [157-167]. <http://www.uaem.com/>
20. Santamaría M., García F., Róselo J. 1997. Biología y Botánica tomo II. 1ªed. Camino de Verasín. España Pág. 37, 330, 332.
21. Santin Torres J. y otros. 2010. Estudio, diseño y selección de la tecnología adecuada para tratamiento de aguas residuales domesticas para poblaciones menores a 2000 habitantes en la ciudad de Gonzanama [Tesis de ingeniería]; escuela de ingeniería civil ; Universidad Particular de Loja.
22. Sico® [base de datos en Internet]. Madrid [actualizada 2010; acceso 25 de Junio 2011] Disponible en: <http://www.sicocv.es>

23. Unidad de residuos de la CONAMA RM. 1998. Guía para el control y prevención de la contaminación Industrial sector criadero de ave subsector productores avícolas. Unidad de residuos de la CONAMAR. Chile.
24. Universidad de Alcalá equipo de innovación en tecnologías medioambientales y energía. 2006. Tratamientos Avanzados de aguas residuales industriales. Elece Industria Grafica. ; Madrid. España.
25. Vargas W. 2002. Guía ilustrada de las plantas de las montañas de Quindío y los Andes Centrales. 1ªed. Central editorial. Colombia. pág. 55, 67.
26. Vera A., Núñez M., Andrade C. y Morales E. Estudio de la relación entre el crecimiento de la macrófita *Typha dominguensis* y la remoción de nitrógeno, fósforo y materia orgánica en un humedal construido. Rev. Fav. Agron. [revista en internet] 2007 [25 enero 2011] 24 supl. 1: [300-304].http://www.revfacagronluz.org.ve/PDF/supl_mayo_2007/v24supl51.pdf
27. Trinidad Gaitán E. Cuantificación de bacterias Nitrificantes, Denitrificantes, Fijadoras de Nitrógeno y Heterótrofas de Humedales artificiales subsuperficiales para el tratamiento de agua residual [Trabajo de pasantía como requisito de graduación]; Universidad de Pamplona; Facultad de Ciencias básicas. Microbiología con énfasis en alimentos; 2006. España.
28. Yocum D. 2009. Manual de diseño: Humedal construido para el tratamiento de aguas grises por Biofiltración. Bren School of Environmental Science and Management. University of California, Santa Barbará. Estados Unidos de Norteamérica

GLOSARIO

Afluente: Curso de agua que desemboca en otro de capacidad mayor. . (4)

Biota: Todas las especies de organismos vivos dentro de un territorio, área particular o hábitat. Algunas veces es expresado como carga por unidad de área de terreno o por unidad de volumen de agua. (4)

Biocenosis: Localización de una comunidad natural de organismos vivos dentro de un entorno o un medio propio y determinado. (6)

Caulinar: Que pertenece al tallo. (2)

Coliforme fecal: Son aquellos microorganismos que crecen y producen gas a partir de la lactosa en un medio que contiene sales biliares u otros agentes selectivos equivalentes, incubados a temperaturas de 44-45,5°. (16)

Equisetopsida: Plantas con rizomas muy ramificados, las partes aéreas con recubrimiento de sílice, hojas dispuestas en verticilos alrededor de los nudos, estróbilos apicales, dispuestos sobre el eje principal. (25)

Estoma: Un poro, de los que se encuentra un gran numero en la epidermis de las hojas (especialmente en la cara inferior) y raíz joven. La función de los estomas es el intercambio de gas entre las plantas y la atmosfera (dióxido de carbono procedente del exterior, y el oxigeno y vapor de agua procedente del interior). (9)

Inflorescencia: Es un brote cuyas yemas se transforman en flores. Según el comportamiento de la yema apical. (2)

Marisma: Terreno bajo y pantanoso que se inunda por las aguas del mar durante las mareas altas. (4)

Pecíolo: Filamento que une la hoja al tallo. Las hojas sin pecíolo se denominan sésiles. (2)

Oligotrófico: Aplicase a los volúmenes de agua dulce que son pobres en nutrientes vegetales, y por tanto, improductivos. Son aguas claras que suelen estar poco oxigenadas. (20)

Typhaceae: Hiervas erectas, rizomatozas, grandes, y de sitios pantanosos: hojas basales, dísticas, lineares y de base envainador; inflorescencia terminal en espádice denso, de color marrón, cilíndrico, y separado en dos secciones, cada una subdividida por una espata decidua, con las flores masculinas apicales y las femeninas basales; flores sin perianto o éste transformado en pelos, las masculinas con 2-5 estambres, las femeninas con ovario. (25)

Turbera: Tipo ecológico que corresponde a un medio total o parcialmente acuático con exceso de acidez. Depósito de turba. Tierra pantanosa en la que la materia orgánica se produce a mayor velocidad que la que se descompone, cuyo resultado es la acumulación de materia vegetal parcialmente descompuesta, denominada turba. (4)

Anexos

Anexo N°1

Humedal artificial de flujo subsuperficial vertical

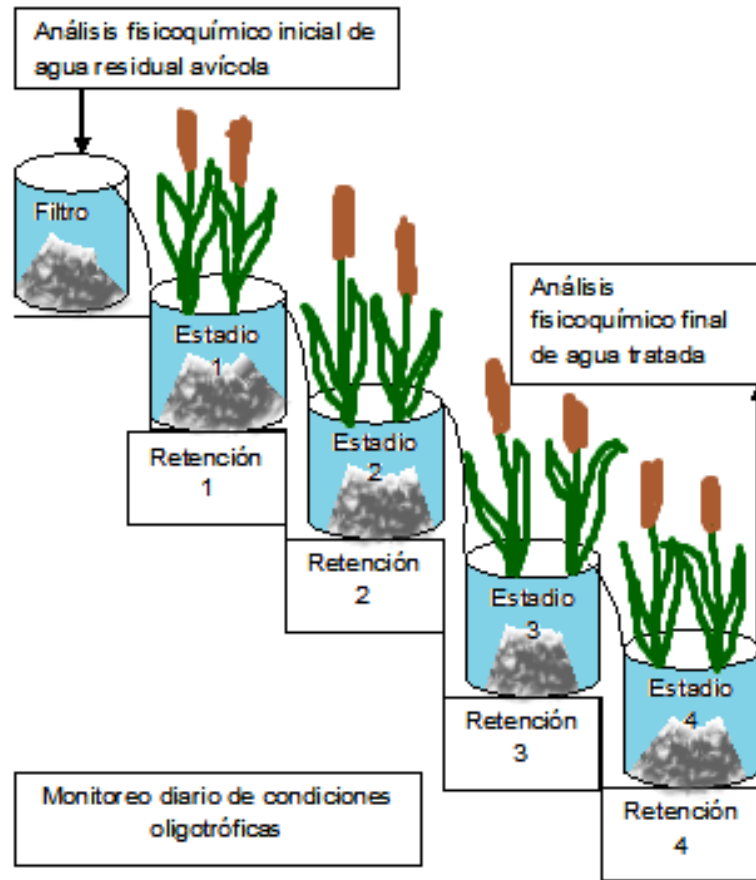


Figura N° 14 Representación Humedal artificial subsuperficial vertical

Anexo N°2

Identificación de ***Typha domingensis Pers*** (Tule)



Figura N°16 Recolección de *Typha domingensis* Pers (Tule)



Figura N°17 Laguna El Jocotal lugar de recolección de la planta



Antiguo Cuscatlán, Viernes 1 de Abril de 2011

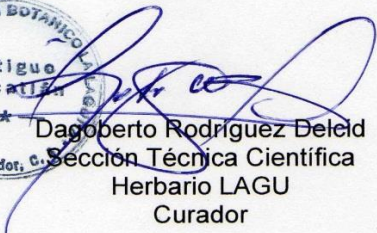
A quien interese:

Por este medio de la presente se hace constar que los alumnos Yessica Marcela Romero Pineda y Ramón Baltazar Sorto Meza, manifiestan ser estudiante de la carrera de Licenciatura en Química y Farmacia de La Universidad de El Salvador se hicieron presentes a nuestra Institución solicitando la identificación e información taxonómica de una especie conocida comúnmente como "tule o tul" la cual corresponde a ***Typha domingensis Pers.*** la cual pertenece a la familia **TYPHACEAE**

Para el uso que los interesados se estimen conveniente, se les extiende la presente nota.

Atentamente.




Dagoberto Rodríguez Delcid
Sección Técnica Científica
Herbario LAGU
Curador

Anexo N°3
Métodos de parámetros fisicoquímicos

3.1 Procedimiento del muestreo de aguas no confinadas. APHA 1992⁽¹⁾

Materiales: 2 frascos plásticos boca ancha de 1.0 L con tapa, 1 frascos vidrio ámbar de 1.0 L con tapa, 1 frasco térmico con capacidad para 3 frascos.

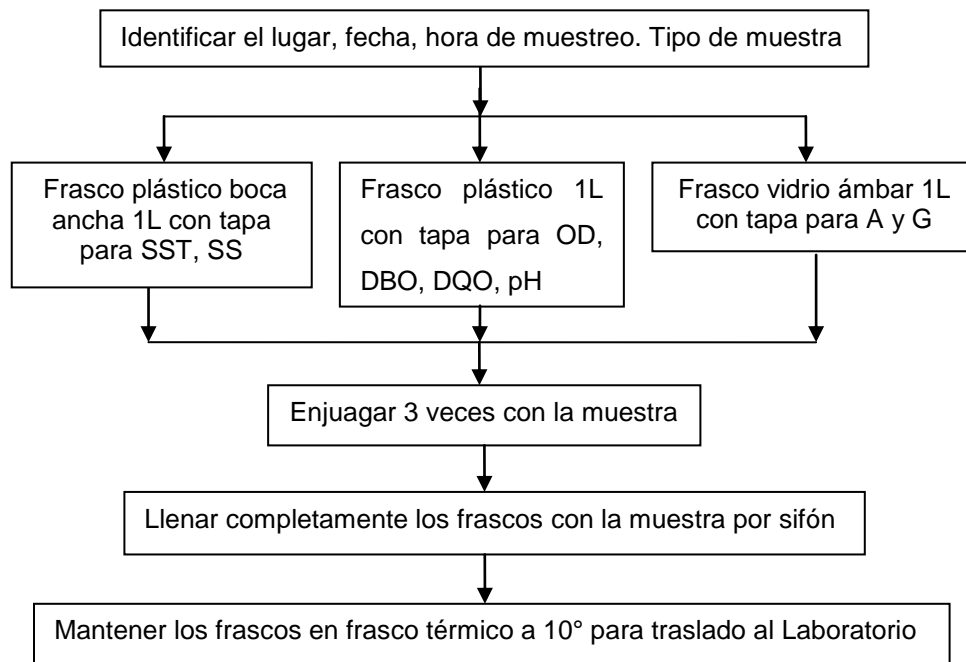


Figura N°18 Esquema muestreo de agua residual avícola.

3.2 Procedimiento para determinar Temperatura. APHA 1992⁽¹⁾

Equipo: Termómetro de mercurio con escala de 60°.

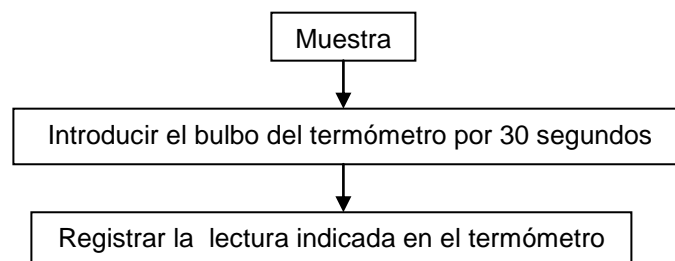


Figura N°19 Esquema determinación de Temperatura

3.3 Procedimiento para determinar pH utilizando el papel de pH

Tiras reactivas MERCK Universal indicator pH 0-14

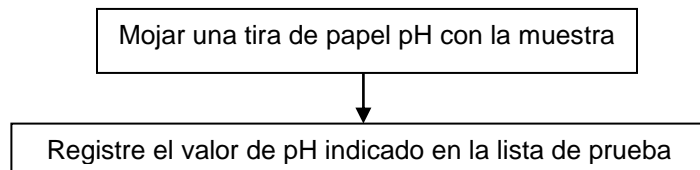


Figura N°20 Esquema determinación de pH utilizando papel.

3.4 Procedimiento para determinar pH método electrométrico. APHA 1992 ⁽¹⁾

Materiales: 3 vasos de precipitado de polietileno de 25 mL.

Equipo: 1 pHmetro, 1 Termómetro, 1 ultrasonido.

Mide la actividad de los iones hidrógeno por mediciones potenciométricas. La fuerza electromotriz (fem) producida electrodo varía linealmente con el pH y esta relación lineal se describe comparando la fem medida con el pH de diferentes tampones. El pH de la muestra se determina por extrapolación.

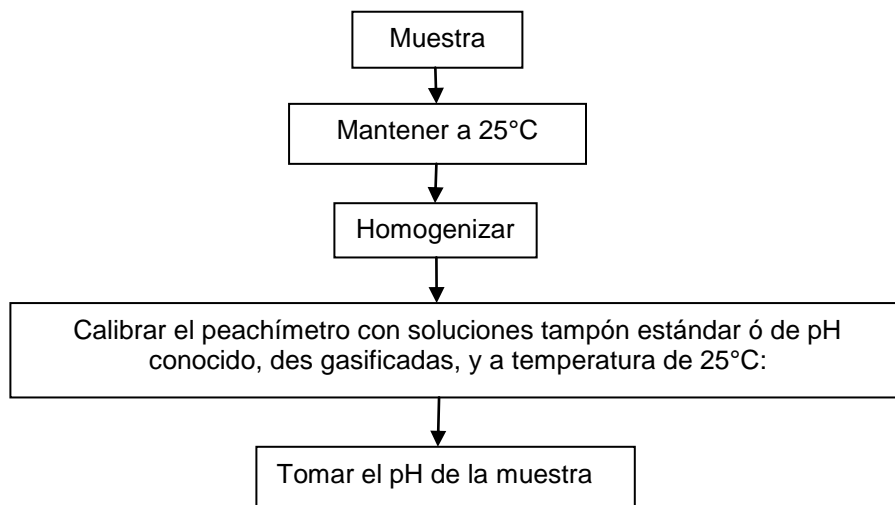


Figura N°21 Esquema determinación de pH método electrométrico

3.5 Procedimiento para determinar Aceites y grasas. APHA 1992₍₁₎

Material: Matraz de 300 mL, Tubo de aceite flotable de 1L.

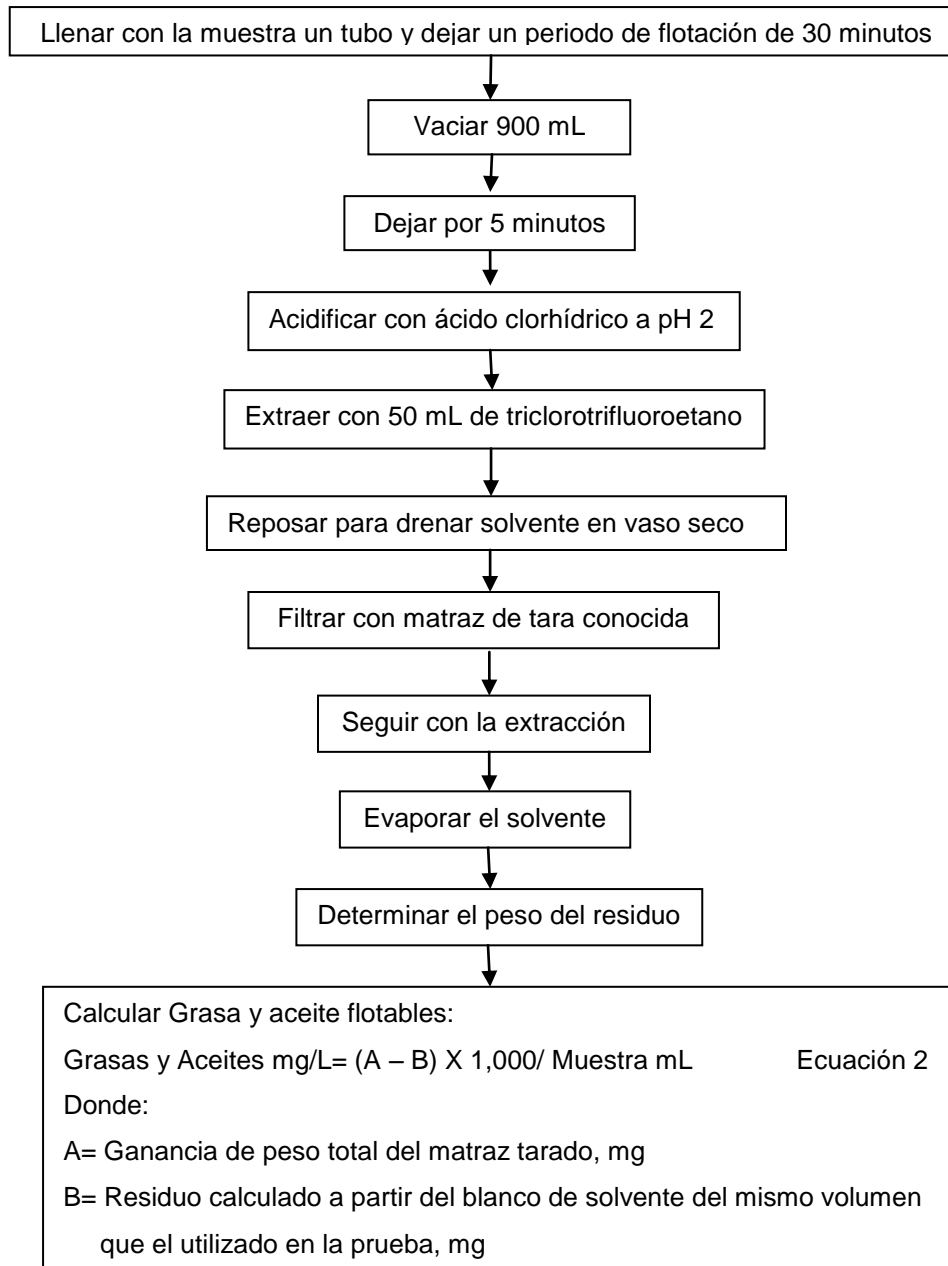


Figura N°22 Esquema determinación Aceites y grasas

3.6 Procedimiento para determinar Sólidos sedimentables: Método Gravimétrico. APHA 1992₍₁₎

Materiales: Cono imhoff.

Método gravimétrico se fundamenta en la determinación y diferencia de los mg de sólidos totales en suspensión/L menos los mg de sólidos no sedimentables/L. El resultado son los mg de sólidos sedimentables/L.

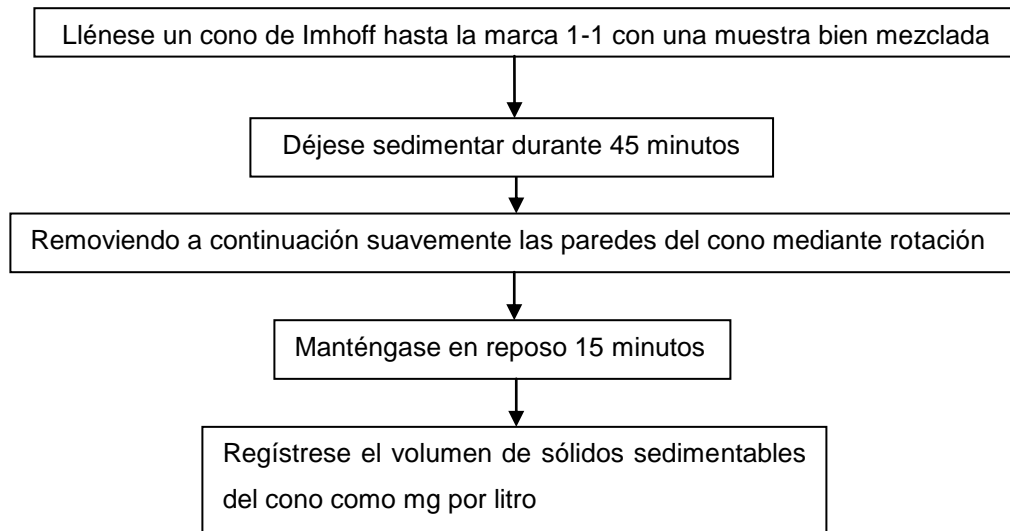


Figura N°23 Esquema determinación Sólidos sedimentables

3.7 Procedimiento para determinar Sólidos totales en suspensión secados a 103-105°C. APHA 1992₍₁₎

Se fundamenta en filtrar una muestra bien mezclada por un filtro estándar de fibra de vidrio, y el residuo retenido en el mismo se seca a un peso constante a 103-105°C. El aumento de peso del filtro representa los sólidos totales en suspensión. Si este material obtura el filtro y prolonga la operación de filtrado, la

diferencia entre el total de sólidos y el total de sólidos disueltos puede proporcionar un cálculo aproximado de los sólidos totales en suspensión.

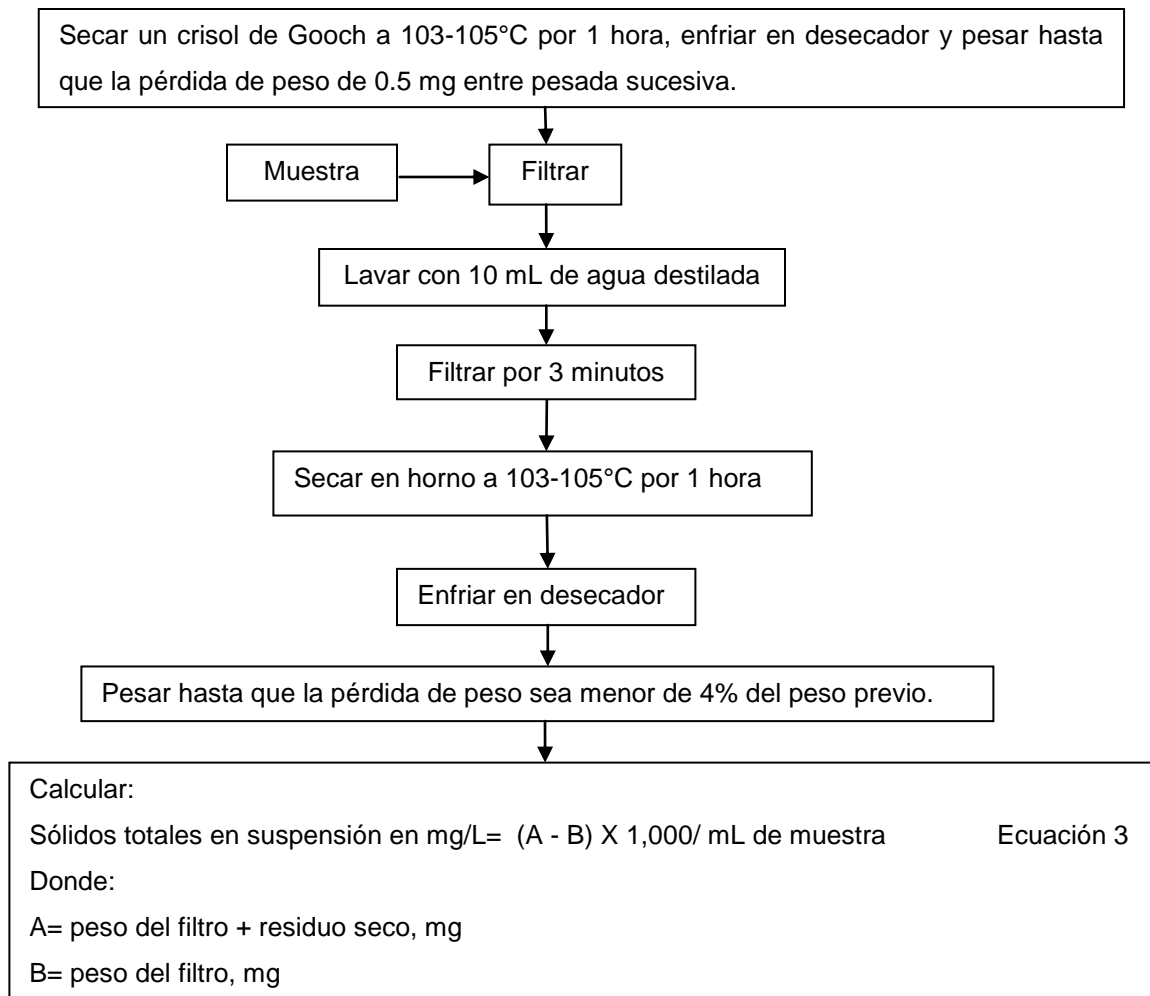


Figura N°24 Esquema determinación Sólidos totales en suspensión

3.8 Procedimiento para Requerimiento de Oxígeno Químico (DQO); Reflujo cerrado, método colorimétrico. APHA 1992₍₁₎

Material: 2 Tubos de cultivo ópticamente equiparables de 20 mm con tapón, 2 ampollas de borosilicato de 10 mL con tapón.

Equipo: 1 Soxlet, 1 espectrofotómetro

La muestra de agua se oxida con una solución sulfúrica caliente de dicromato potásico y sulfato de plata como catalizador. Los cloruros son enmascarados con sulfato de mercurio. A continuación se determina fotométricamente la concentración de los iones Cr^{3+} verdes (1)

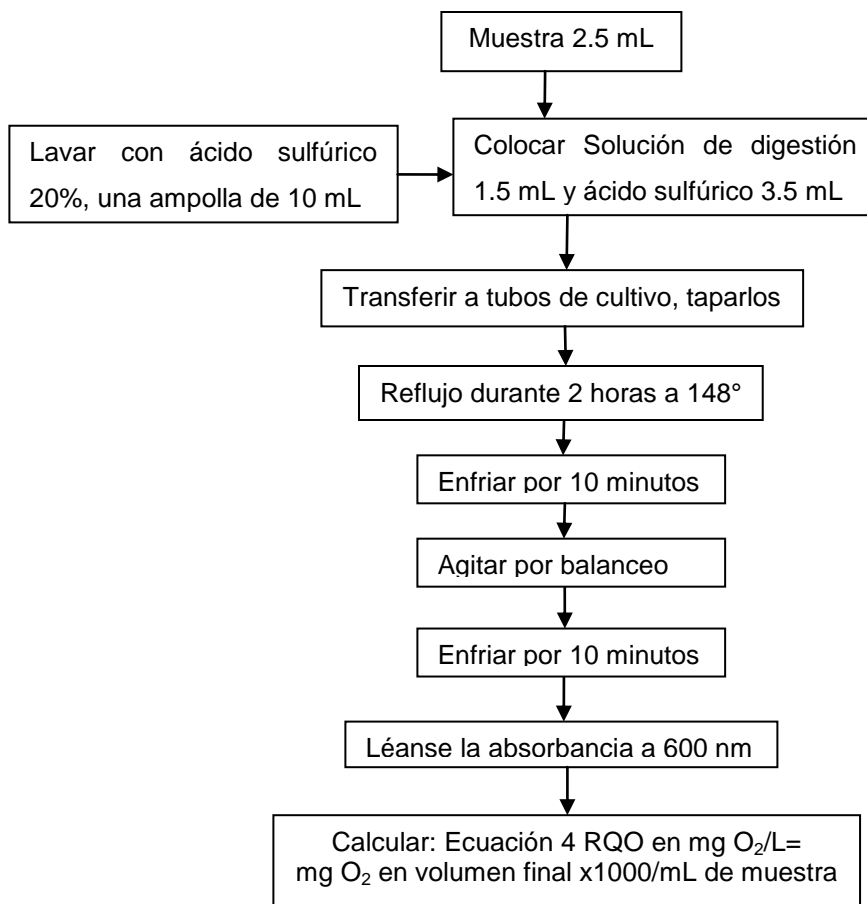


Figura N°25 Esquema para determinar Demanda Química de Oxígeno

3.9 Procedimiento para determinar Requerimiento de Oxígeno Bioquímico (DBO_5) APHA 1992(1)

Material: 3 botellas de incubación, 1 probeta de 1 L, 1 bureta de 25.0 mL

Equipo: 1 incubadora de $20 \pm 1^\circ$.

Se basa en la determinación de Oxígeno Disuelto a diferentes intervalos de tiempo. El procedimiento usual recomienda que la temperatura de incubación debe ser constante y esta es de $20^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$.

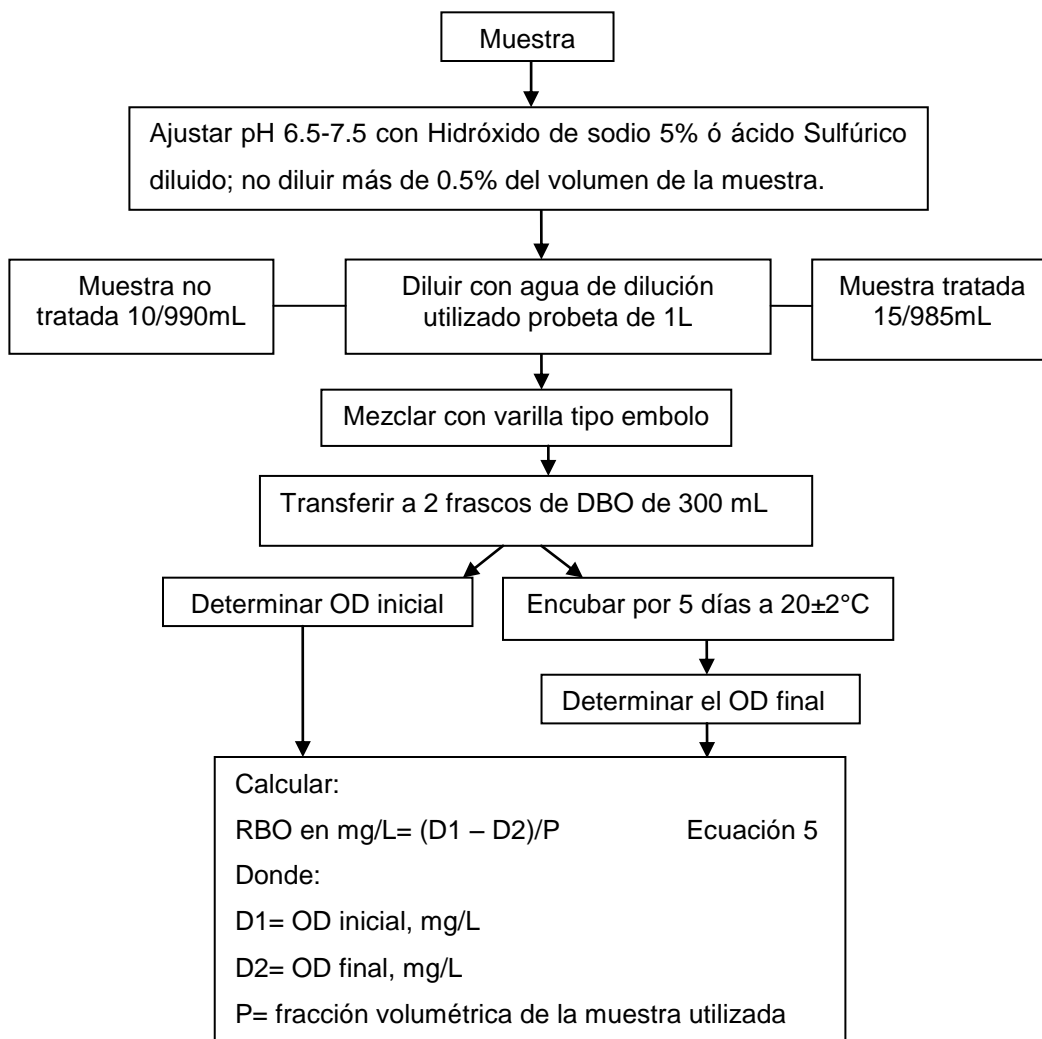


Figura N°26 Esquema determinación Demanda Bioquímica de Oxígeno

3.10 Procedimiento para determinar (DBO₅) Oxígeno Disuelto (OD): Método Ti trimétrico. APHA 1992₍₁₎

Material: 1 pipeta volumétrica de 2.0, 3.0 y 1.0 mL, 3 erlenmeyer de 25 mL, 1 bureta de 25.0 mL, 1 soporte, 1 pinza de sostén.

La adición de solución de manganeso, y de álcali, a la muestra. El Oxígeno Disuelto oxida un equivalente del precipitado disperso de hidróxidos. En presencia de iones yoduro, en solución ácida, el manganeso oxidado revierte al estado divalente, con liberación de yodo equivalente al Oxígeno disuelto. Se valora el yodo con una solución patrón de Tiosulfato.

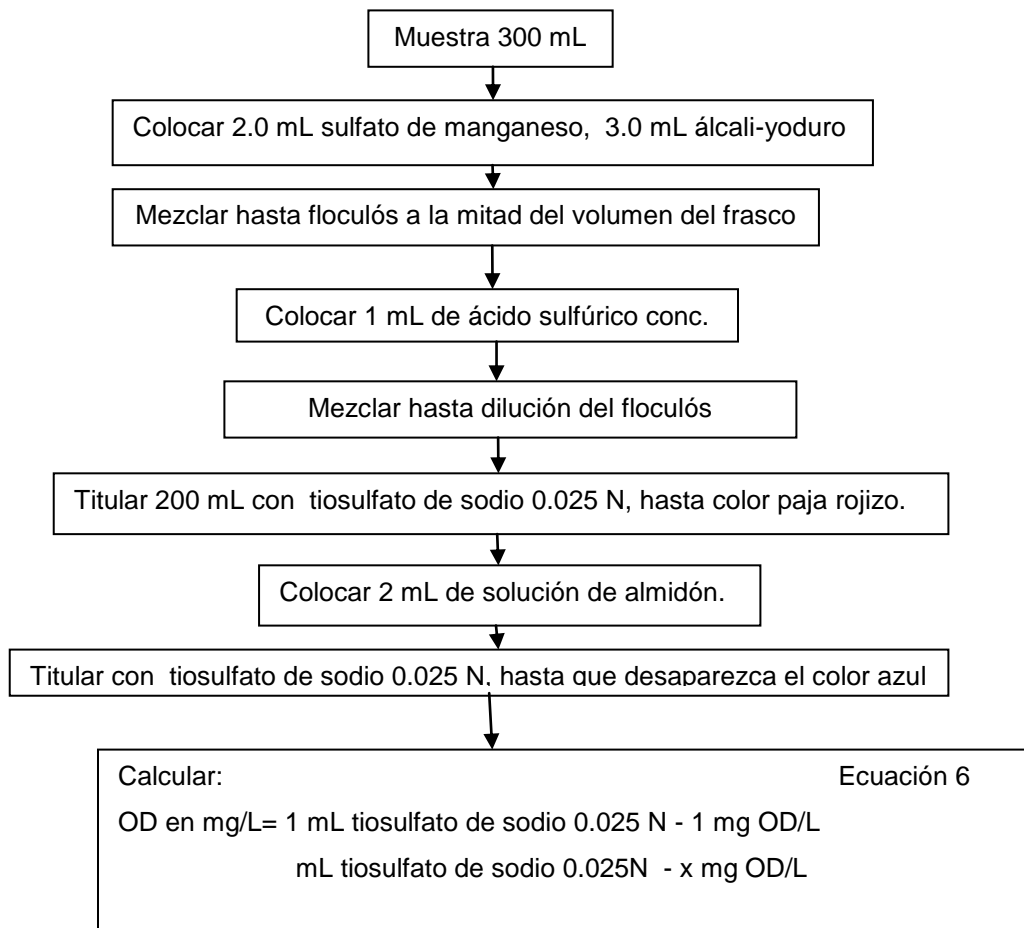


Figura N°27 Esquema determinación Oxígeno Disuelto

Anexo N°4

Informes de resultados de los análisis fisicoquímicos



F - 09

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS**

CODIGO Nº 26-11	INFORME DE RESULTADOS			
Nombre y dirección del cliente: YESSICA MARCELA ROMERO PINEDA. BARRIO YUSIQUE, CHINAMECA, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.			Pág. 1 de 1	
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL.		Nº DE MUESTRAS: 1		
Lugar de toma de muestra: INDUSTRIA AVICOLA ARANIVA. CHINAMECA SAN MIGUEL.				
Fecha de recepción de muestra: 09 DE NOVIEMBRE 2011		Fecha de Análisis: DEL 09 AL 14 DE NOVIEMBRE 2011		
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, POTENCIOMETRICO, FOTOMETRICO, WINKLER Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un grupo Receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	26-11-01	AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL, INDUSTRIA AVICOLA ARANIVA.	51.4 mg/L	50 mg/L
DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXÍGENO (DBO ₅)			1030 mg/L	300 mg/L
DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO (DQO)			1660 mg/L	800 mg/L
pH			7.93 Uni-pH	5.5 - 9.0 Uni-pH
SÓLIDOS TOTALES			1632 mg/l	No Normado
SÓLIDOS DISUELTOS			1496 mg/L	No Normado
SÓLIDOS SUSPENDIDOS			136 mg/L	150 mg/L
SÓLIDOS SEDIMENTABLES			0.4 ml/L	15 ml/L
Observaciones:				
1. La toma de muestra estuvo a cargo del interesado.				

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.

NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 14 DEC 2011

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

ael*



F - 09

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS

CODIGO N° 29-11		INFORME DE RESULTADOS		
Nombre y dirección del cliente: YESSICA MARCELA ROMERO PINEDA. BARRIO YUSIQUE, CHINAMECA, DEPARTAMENTO DE SAN MIGUEL.				Pág. 1 de 1
Descripción de muestra: AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL.			N° DE MUESTRAS: 1	
Lugar de toma de muestra: INDUSTRIA AVICOLA ARANIVA. CHINAMECA SAN MIGUEL.				
Fecha de recepción de muestra: 09 DE DICIEMBRE 2011			Fecha de Análisis: DEL 09 AL 14 DE DICIEMBRE 2011.	
Método de Análisis: GRAVIMETRICO, POTENCIOMETRICO, FOTOMETRICO, SOXLET, WINKLER Y CONO IMHOFF.				
Parámetros	Identificación de la Muestra		Resultados	Norma CONACYT Aguas Residuales descargadas a un grupo Receptor NSO 13.49.01:09
	CODIGO LABORATORIO	CODIGO CLIENTE		
ACEITES Y GRASAS	29-11-01	AGUA RESIDUAL DE TIPO ESPECIAL, INDUSTRIA AVICOLA ARANIVA.	32.9 mg/L	50 mg/L
DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (DBO ₅)			60.0 mg/L	300 mg/L
DEMANDA QUIMICA DE OXIGENO (DQO)			87.0 mg/L	800 mg/L
pH			6.66 Uni-pH	5.5 - 9.0 Uni-pH
SÓLIDOS TOTALES			408 mg/L	No Normado
SOLIDOS DISUELTOS			348 mg/L	No Normado
SOLIDOS SUSPENDIDOS			60 mg/L	150 mg/L
SOLIDOS SEDIMENTABLES			<0.2 ml/L	15 ml/L
Observaciones:				
<ol style="list-style-type: none"> La toma de muestra estuvo a cargo del interesado. La muestra para Grasas y Aceites se recogió en frasco plástico. 				

Advertencia: Los Resultados del informe solo se refieren a las muestras analizadas.
NOTA: El informe de análisis sólo puede ser reproducido parcial o totalmente con la autorización escrita del laboratorio. Se especificara en observaciones, si la muestra fue tomada por el cliente o el laboratorio.

FECHA DE ENTREGA: 14 DEC 2011

Licda. Rosa Mirian Rivas Larín
Analista

Licda. Odette Rauda Acevedo
Jefe del Laboratorio Físicoquímico de Aguas
y Analista

LABORATORIO FÍSICOQUÍMICO DE AGUAS
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA
UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

Lic. Henry Alfredo Hernández
Analista

act*

Anexo N°5

Humedales construidos



Figura N°28 Climatización y Estabilización del humedal artificial



Figura N° 29 Estabilización y Tratamiento en Humedal artificial

Anexo N°6

Norma Salvadoreña NSO 13.49.01:09 Agua. Agua residuales descargadas a un cuerpo receptor (16)

Cuadro N°15 Valores permisibles para agua residual avícola

Parámetro	Valor permisible
Aceites y Grasas	50 (mg/L)
Sólidos Sedimentables	15 (mg/L)
Sólidos Suspendidos Totales	150 (mg/L)
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	800 (mg/L)
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO _{5,20})	300 (mg/L)