

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA



**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS DE DESECHO DE UNA
INDUSTRIA QUIMICA DE ADHESIVOS UTILIZANDO EXTRACTO ACUOSO
DE LA SEMILLA DE *Moringa oleifera* (Teberinto)**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN PRESENTADO POR
CARLOS MAXIMILIANO CACERES MONTES
JENSSI CAROLINA DIAZ AYALA**

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

OCTUBRE DE 2005

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTROAMERICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTORA:

DRA. MARIA ISABEL RODRÍGUEZ

SECRETARIA GENERAL

LICDA. ALICIA MARGARITA RIVAS DE RECINOS

FACULTAD DE QUIMICA Y FARMACIA

DECANO

LIC SALVADOR CASTILLO ARÉVALO

SECRETARIA INTERINA

LIC. ARELY CACERES MAGAÑA

COMITÉ DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADORA GENERAL

LIC. MARÍA CONCEPCIÓN ODETTE RAUDA ACEVEDO

ASESORA DE ÁREA: GESTIÓN AMBIENTAL, TOXICOLOGIA Y QUÍMICA LEGAL

LIC. MARÍA LUISA ORTIZ DE LÓPEZ

ASESORA DE ÁREA: CONTAMINACION AMBIENTAL Y SALUD PUBLICA

LIC. CECILIA GALLARDO DE VELASQUEZ

DOCENTE DIRECTOR

LIC. ANA ARELY CÁCERES MAGAÑA

ING. SERGIO ARMANDO MARAVILLA

LIC. MARIO ALBERTO MUÑOZ

AGRADECIMIENTOS

A Dios Todopoderoso por habernos dado fortaleza y sabiduría a lo largo de toda nuestra carrera, sobre todo en aquellos momentos de mayor dificultad, y por haber guiado nuestros pasos en la realización de este trabajo.

A nuestras familias por todo el cariño, apoyo y comprensión que nos brindaron durante nuestra formación profesional, gracias por todos sus sacrificios.

A nuestros docentes directores, Lic. Arely Cáceres, Ing. Sergio Maravilla y Lic. Mario Muñoz por toda su dedicación y apoyo en el desarrollo de nuestro trabajo de graduación.

Al Sr. Dieter Rehmann, por su colaboración incondicional en la realización de este trabajo.

A la coordinadora general de trabajos de graduación Lic. Odette Rauda, a nuestras asesoras de area Lic. Cecilia de Velásquez y Lic. Maria Luisa de López por brindarnos su apoyo tiempo y comprensión en nuestro trabajo de graduación.

A todos los docentes, personal de laboratorio y personal administrativo de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por habernos formado como personas y como profesionales. Mil gracias.

A nuestros compañeros y amigos por ser parte fundamental de nuestra formación.

Carlos Maximiliano Cáceres Montes

Jenssi Carolina Díaz Ayala

DEDICATORIA

A Dios, por darme fuerzas y sabiduría para culminar con éxito mi carrera.

A mis padres por haberme brindado el apoyo y la comprensión necesaria durante toda mi vida académica y mis momentos difíciles, gracias por su esfuerzo y su cariño.

A mis hermanos Carmen, Mario, Carlos e Italo por la comprensión y el apoyo durante todos estos años y por ser una parte muy importante de mi vida

A mi sobrina Andrea Sofía, por brindarme su alegría y los deseos de seguir adelante para llevar a cabo todas las metas trazadas.

A mi compañero de tesis, Max Cáceres por haber estado siempre a mi lado, brindándome su apoyo en momentos difíciles, y por ser una persona muy importante y especial en mi vida.

A mis compañeros y amigos Liena, Roxana y Eduardo por haber sido una parte importante durante mi formación académica.

A mis docentes y mis compañeros en general por darme los conocimientos necesarios para coronar mi carrera.

Jenssi Carolina Díaz Ayala

DEDICATORIA

A Dios Todopoderoso por haberme brindado toda la fortaleza necesaria, por haber guiado mis pasos con sabiduría durante todo mi desempeño académico.

A mis padres Alicia de Cáceres y Carlos Cáceres, por ser un ejemplo digno para mí de tenacidad y esfuerzo, gracias por todo su amor y apoyo durante toda mi vida.

A mi Tía Sonia por ese apoyo incondicional y el amor con el que me ayudó a coronar este esfuerzo.

A mis hermanas Martha, Ivonne, Claudia y sus respectivas familias por sacrificar su tiempo y brindarme su apoyo incondicional a lo largo de todos estos años.

A mi compañera de tesis Jenssi, por ser el complemento de mi vida y por brindarme toda su comprensión y cariño, sobre todo en los momentos de mayor dificultad.

A mis amigos Jorge, José Manuel, Liena, Roxana, Eduardo, Manrique, Marlon, David, Marvin, Mauricio, Tony, gracias por su amistad y por compartir conmigo todas las dificultades y las alegrías de nuestros mejores años.

A mis maestros, mis compañeros y el personal de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador por haberme formado como humano y como profesional. Gracias.

Carlos Maximiliano Cáceres Montes.

INDICE

CAPÍTULO I

| | |
|------------------|-------|
| 1.0 INTRODUCCIÓN | xviii |
|------------------|-------|

CAPÍTULO II

| | |
|---------------|----|
| 2.0 OBJETIVOS | 22 |
|---------------|----|

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

| | |
|---|----|
| 3.1 Aguas Residuales Industriales | 24 |
| 3.2 Pretratamiento de las Aguas Residuales | 24 |
| 3.3 Tratamiento de agua Residual en la Industria de Adhesivos | 25 |
| 3.4 Descripción de la planta | 26 |
| 3.5 Nombres Comunes | 27 |
| 3.6 Origen y Distribución | 27 |
| 3.7 Condiciones de Cultivo | 27 |
| 3.8 Propagación | 27 |
| 3.9 Composición Química | 28 |
| 3.10 Usos del Teberinto | 28 |
| 3.11 Estudio del Teberinto como Purificador de aguas | 29 |
| 3.12 Estudio del teberinto como floculante primario | 31 |

CAPITULO IV

4.0 DISEÑO METODOLOGICO

| | | |
|------|----------------------------------|----|
| 4.1 | Planeamiento de la Investigación | 33 |
| 4.2 | Investigación bibliográfica | 33 |
| 4.3 | Trabajo de Campo | 34 |
| 4.4 | Muestreo | 34 |
| 4.5 | Trabajo de Laboratorio | 35 |
| 4.6 | Demanda Bioquímica de Oxígeno | 36 |
| 4.7 | Demanda Química de Oxígeno | 39 |
| 4.8 | Sólidos Totales | 41 |
| 4.9 | Sólidos Sedimentables | 42 |
| 4.10 | Aceites y Grasas | 43 |
| 4.11 | Análisis Estadístico | 45 |

CAPÍTULO V

5.0 RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

| | | |
|-----|---|----|
| 5.1 | Determinación de Dosis más adecuada de harina de Semilla de <i>Moringa oleifera</i> (Teberinto) | 51 |
| 5.2 | Efecto Floculante de Harina de <i>Moringa oleifera</i> | 54 |
| 5.3 | Parámetros de Calidad del Agua Residual Tratada | 54 |
| | 5.3.1 Análisis físico químico del Agua Residual Cruda | 54 |
| | 5.3.2 Análisis físico químico del Agua Residual Tratada | 55 |
| 5.4 | Análisis Estadístico de los Resultados | 75 |

| | | |
|---------------|--|-----|
| 5.4.1 | Análisis estadísticos de los resultados de la DBO | 76 |
| 5.4.2 | Análisis estadístico de los resultados de la DQO | 83 |
| 5.4.3. | Análisis estadístico de los resultados de Sólidos Totales | 87 |
| 5.4.4 | Análisis estadístico de los resultados de Sólidos Sedimentables | 91 |
| 5.4.5 | Análisis estadístico de los resultados de Aceites y Grasas | 95 |
| CAPITULO VI | | |
| 6.0 | Conclusiones | 100 |
| CAPITULO VIII | | |
| 7.0 | Recomendaciones | 104 |
| BIBLIOGRAFIA | | |
| ANEXOS | | |

INDICE DE CUADROS

Cuadro Nº

| | |
|---|----|
| 1. Fórmulas para el cálculo de la Variancia en un Experimento de dos Factores | 46 |
| 2. Ejemplo de tabla para la obtención de la suma de cuadrados | 47 |
| 3. Resultados cantidad de sedimento formado para determinación de dosis más adecuada. | 52 |
| 4. Análisis fisicoquímico de agua residual cruda. | 55 |
| 5. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinación de DBO. | 56 |
| 6. Pruebas con Semilla Desengrasada para determinar DBO. | 56 |
| 7. Resultados de los valores finales promedios de la DBO. | 58 |
| 8. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinar DQO. | 60 |
| 9. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para determinar DQO. | 60 |
| 10. Resultados de los valores finales promedios de la DQO. | 62 |
| 11. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinar Sólidos Totales. | 64 |
| 12. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para determinar Sólidos Totales | 64 |
| 13. Resultados de los valores finales promedios de Sólidos Totales. | 66 |
| 14. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinar Sólidos Sedimentables. | 68 |
| 15. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para determinar SólidosSedimentables | 68 |

| | |
|--|----|
| 16. Resultados de los valores finales promedios de Sólidos Sedimentables. | 69 |
| 17. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinar Aceites y Grasas. | 71 |
| 18. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para determinar Aceites y Grasas. | 71 |
| 19. Resultado de los valores finales promedios de Aceites y Grasas | 73 |
| 20. Resultado para el análisis estadístico de la DBO. | 76 |
| 21. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de la DBO. | 77 |
| 22. Análisis de Variancia para los datos del cuadro №21. | 80 |
| 23. Resultado para el análisis estadístico de la DQO. | 83 |
| 24. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de la DQO. | 84 |
| 25. Análisis de Variancia para los datos del cuadro №24. | 84 |
| 26. Resultado para el análisis estadístico de Sólidos Totales. | 87 |
| 27. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de SólidosTotales. | 88 |
| 28. Análisis de Variancia para los datos del cuadro №27. | 88 |
| 29. Resultado para el análisis estadístico de Sólidos Sedimentables. | 91 |

| | |
|---|----|
| 30. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de Sólidos Sedimentables . | 92 |
| 31. Análisis de Variancia para los datos del cuadro №30. | 92 |
| 32. Resultado para el análisis estadístico de Aceites y Grasas. | 95 |
| 33. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de Aceites y Grasas. | 96 |
| 34. Análisis de Variancia para los datos del cuadro №33. | 96 |

INDICE DE FIGURAS

Figura Nº

| | |
|--|----|
| 1. Cantidad de sedimento formado para determinación de dosis más adecuada. | 53 |
| 2. Gráfico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno. | 59 |
| 3. Gráfico de la Demanda Química de Oxígeno. | 63 |
| 4. Gráfico de Sólidos Totales | 67 |
| 5. Gráfico de Sólidos Sedimentables. | 70 |
| 6. Gráfico de Aceites y Grasas. | 74 |

INDICE DE ANEXOS

Anexo Nº

1. Parámetros y valores permisibles para aguas residuales descargadas a un cuerpo receptor. Norma Salvadoreña Obligatoria en Revisión NSO 13.07.03:00 (CONACYT).
2. Esquema de filtro usado en la industria
3. Esquema de Filtro utilizado para retener sedimento del tratamiento de las aguas.
4. Planta de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).
5. Figura Nº 10. Composición de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).
6. Figura Nº 11. Mecanismo de Acción del Extracto de Semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).
7. Proceso de Extracción de grasa a la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).
8. Material y Equipo utilizado para determinar la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
9. Material y Equipo utilizado para determinar la Demanda Química de Oxígeno.
10. Material y Equipo utilizado para determinar los Sólidos Totales
11. Material y Equipo utilizado para determinar los Aceites y Grasas
12. Tabla Estadística de Valores *F* 0.05

ABREVIATURAS

ANDA: Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados

CONACYT: Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología

DBO: Demanda Bioquímica de Oxígeno

DQO: Demanda Química de Oxígeno

GTZ: Agencia de Cooperación Alemana

MARN: Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales

MSPAS: Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social.

SEMA: Secretaría Ejecutiva del Medio Ambiente

RESUMEN

En el presente trabajo se analiza la propiedad floculante de la semilla de la planta de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), utilizando los extractos acuosos de la mencionada semilla, como una propuesta de tratamiento de aguas residuales en una Industria Química de Adhesivos. En el desarrollo del trabajo, se preparan extractos de semilla de cinco concentraciones diferentes, utilizando harina de semilla íntegra y harina de semilla desengrasada para tratar un litro de agua residual, la cual posteriormente es pasada a través de un filtro de roca volcánica y arena. Estas aguas tratadas son analizadas fisicoquímicamente para determinar si su calidad cumple los parámetros requeridos por la Norma Salvadoreña en Revisión para Aguas descargadas a un Cuerpo Receptor NSR13.07.03:00 (CONACYT), dichos parámetros son la Demanda Bioquímica de Oxígeno, Demanda Química de Oxígeno, Sólidos Totales, Sólidos Sedimentables y Aceites y Grasas. Los datos obtenidos de estos análisis son procesados estadísticamente para poder ser interpretados, demostrándose la varianza de los tipos de harina y de las concentraciones utilizadas en el tratamiento. Se concluye que los mejores resultados son obtenidos del tratamiento con semilla desengrasada en la concentración máxima, recomendándose realizar ensayos a escala mayor e incentivar el cultivo de ésta planta en el país.

CAPITULO I
INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

En los últimos años la industria salvadoreña ha experimentado un cierto crecimiento, producto del desarrollo económico y tecnológico de la región, sin embargo este crecimiento ha traído consigo graves problemas de contaminación del agua siendo las industrias la principal fuente de contaminación de éste recurso debido a los desechos que genera.

El escaso monitoreo y supervisión, la falta de recursos de las autoridades correspondientes, y la falta de incentivos para conservar el recurso agua, han generado una crisis ambiental debido a la contaminación del 99 % de los mantos acuíferos (11).

Para lograr una mejor calidad del agua, es preciso someter a la misma a varios tratamientos elementales que comprenden la clarificación, desinfección, y acondicionamiento químico y organoléptico. De este modo la clarificación incluye la coagulación – floculación, proceso mediante el cual las partículas presentes en el agua se aglomeran formando pequeñas masas que presentan un peso específico mayor que el agua, de esta forma las partículas sedimentan y permiten que el agua alcance niveles de calidad aceptables. Dicho proceso es usado en plantas de tratamiento de aguas residuales, utilizando para ello floculantes químicos como el sulfato de aluminio. Pero la creciente necesidad

de obtener alternativas viables en el tratamiento de aguas residuales, ha llevado al estudio de soluciones rápidas, económicas y sobre todo naturales para disminuir el uso de productos químicos y aumentar el aprovechamiento de los recursos naturales. De esta forma, organizaciones internacionales como la Cooperación Alemana y la Organización Panamericana de la Salud han experimentado desde hace algunos años en países subdesarrollados con productos naturales como la semilla de la ***Moringa oleifera*** (Teberinto), el cual es un árbol de rápido crecimiento y de fácil cultivo en regiones tropicales del mundo, sobre todo en regiones calientes y semi áridas.

En la siguiente investigación se analizan las propiedades como floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), además de estudiar la factibilidad de usar ésta semilla para tratar aguas de desecho de una industria química de adhesivos ubicada en el área metropolitana de San Salvador, la cual vierte sus aguas de residuo a una quebrada cercana. La investigación inicia con la recolección de semillas de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), luego continúa con el muestreo de aguas residuales en la industria para posteriormente ser tratada con los extractos de diferentes concentraciones de semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). La efectividad del tratamiento es comprobada con los análisis fisicoquímicos realizados a las aguas tratadas, los cuales se apegan a la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03.00. Durante el proceso también se evalúa la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) al ser eliminado

el aceite que ésta contiene. La investigación finaliza con el análisis de los resultados mediante la aplicación de un análisis estadístico de varianza el cual provee la información requerida para determinar la efectividad de la ***Moringa oleifera*** (Teberinto) como floculante natural en aguas residuales crudas de la industria donde se realizó el estudio.

CAPITULO II

OBJETIVOS

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Proponer tratamiento de aguas residuales de una industria química de adhesivos, utilizando extracto acuoso de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

2.2.1 Determinar la dosis más adecuada de semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) en aguas de residuo industrial.

2.2.2 Analizar el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) en aguas de residuo industrial.

2.2.3 Verificar si la calidad del agua cumple los parámetros requeridos por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 para su descarga a un cuerpo receptor

2.2.4 Investigar si la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) se ve afectada al eliminar el aceite que ésta contiene.

CAPITULO III
MARCO TEORICO

3. MARCO TEORICO

3.1. Aguas Residuales Industriales

La fracción del agua empleada por las industrias se incorpora a sus productos o se pierde por evaporación; la mayor parte del flujo se vierte finalmente a las corrientes naturales de agua en forma de desecho. En esta forma, la industria contamina el medio ambiente. (14)

Las propiedades físico- químicas y biológicas de las aguas industriales residuales varían de acuerdo a la industria y a los procesos empleados en la misma. Generalmente contienen materia mineral suspendida, coloidal y disuelta, así como sólidos orgánicos. Pueden además presentar una alcalinidad ó acidez excesiva así como alta concentración de colorantes. (14)

En general, todas las industrias generan contaminación por desecho líquido, una de ellas es la industria de adhesivos la que genera en su mayoría desechos de almidones y resinas, así como desechos de ácidos provenientes en su mayoría de las operaciones de limpieza dentro de la planta, como por ejemplo el lavado de los reactores donde se realizan los procesos de producción de adhesivos.

3.2. Pretratamiento de las Aguas Residuales

El objetivo del pre-tratamiento de las aguas residuales es remover grasas, aceites y otras materiales flotantes o sedimentables para que el agua residual pueda ser vertida sin ningún riesgo.

A medida que el nivel de tratamiento de las aguas residuales aumenta, la potencialidad de un uso benéfico para las aguas también aumenta. En países industrializados se han desarrollado sistemas para reciclar agua en áreas urbanas los cuales toman las aguas residuales de los sanitarios; en los edificios las tratan y retornan todo el volumen de agua para su uso en descargas de inodoros. (7)

Uno de los métodos para tratar aguas residuales es la aplicación de coagulantes químicos. La coagulación se refiere a la formación de flóculos precipitados o incipientes mediante cambios físico- químicos que tienen lugar entre el coagulante soluble y la alcalinidad del agua. (7)

Hay cierto número de sustancias químicas que se usan como coagulantes para el agua, pero el más usado es el sulfato de aluminio, comúnmente llamado alumbre. El alumbre es una sustancia fácilmente soluble en el agua y se aplica con facilidad ya sea en solución ó en forma directa de material seco. (7)

3.3. Tratamiento de Agua Residual en la Industria de Adhesivos

Actualmente se utiliza un filtro consistente en una combinación de rocas volcánicas y arena, las cuales están distribuidas de tal manera que permitan una adecuada oxigenación del agua (Ver anexo N° 2). El agua que pasa a través del filtro, proviene de los procesos de lavado de los reactores.

Según las pruebas realizadas, este filtro ha contribuido a mejorar la calidad del agua de desecho de la mencionada industria. Una alternativa de tratamiento

del agua es el uso de floculantes naturales en el proceso de clarificación del agua siendo uno de ellos, la semilla de ***Moringa oleifera*** la cual es conocida como Teberinto.

El Teberinto es un árbol de crecimiento rápido, hojas caducas que alcanzan 12 m. de altura al madurar, tronco de 25-30 cm. de diámetro, copa ancha pero poco densa, corteza blanca, raíces ligeras y gruesas. Hojas pinnadas oblongas, pecíolo corto hojuelas de 6 a 9 pares pequeñas, opuestas, pálidas cuando son tiernas, pero adquieren riqueza en color al madurar. Flores numerosas, axilares, blancas, aromáticas, cáliz de 5 divisiones, 5 pétalos desiguales espatulados. Vaina de 25 a 45 cm. de largo colgante, color cenizo-amarillo, deshiscente, en 3 valvas; semillas carnosas color marrón, de 1.5-3.2 cm de diámetro, endospermo blanquecino muy oleinoso. (Ver Anexo N° 4) (8)

3.4. Descripción de la planta y sus propiedades

Clasificación taxonómica del teberinto (11)

Reino: Planta

Sub-reino: Embriophyta

División: Anthophyta

Clase: Dicotiledónea

Orden: Rhoedales

Familia: Moringáceae

Género: *Moringa*

Especie: oleífera

Nombre científico: ***Moringa oleífera***

3.5. Nombres comunes

Teberinto, Terebinto, Marango, Moringa, Arango, Perlas, Sasafrás. (10)

3.6. Origen y Distribución

Nativo del noroeste de la India, comúnmente se cultiva en las regiones tropicales de todo el mundo. Es más visible en el Este y Sur de África. (10).

3.7. Condiciones de cultivo

El Teberinto crece mejor en los trópicos calientes o semi-áridos. Es tolerante a las sequías y crece con precipitaciones de 250-1500 mm por año (10-60 pulg). Las mejores altitudes son por debajo de los 600 m. (2,000 pies); sin embargo, crece hasta 1,200 m. (4,000 pies) en algunas zonas tropicales.

El árbol de ***Moringa oleífera*** (Teberinto) prefiere los suelos bien drenados y arenosos. Tolera la arcilla pero no los charcos, así como también tolera una amplia gama de pH de 5 - 9, y crece muy bien en condiciones de alcalinidad de un pH de hasta 9. Responde bien a humus, agua y fertilizantes. (19)

3.8. Propagación

El ***Moringa oleífera*** (Teberinto) puede cultivarse por semillas o por estacas. Las semillas deben sembrarse en bolsas de almacigo a 2 cm. o una pulgada de profundidad, los cuales deberían germinar entre 1 a 2 semanas, se trasplantan

las plántulas al tener 30-50 cm. de alto a 5 metros de distancia. Las plantas que crecen por semilla comienzan a producir frutos en 2 a 3 años. (10)

Para propagación asexual se siembran estacas de 1 m. de largo para que enraícen y de 4 a 10 cm. de ancho, son de rápido crecimiento comenzando a producir frutos de 6 a 8 meses, requiere de poca atención y abono orgánico.

En un medio ambiente sano puede llegar a producir de 800 a 1,600 vainas por año.

3.9. Composición química del teberinto

La semilla y la raíz contienen 4- (α - L- ramnosiloxi)- bencil isocianato, cuyo rendimiento es de 8 a 10% cuando se extrae con ácido ascórbico. La semilla es rica en aceite que contiene ácidos grasos y esteroides y que rinden hasta el 21 % de peso. (10)

La corteza de la raíz y la semilla contienen pterygospermina, producto de la condensación entre dos moléculas de bencil isocianato con una molécula de benzoquinona. (10)

3.10. Usos del teberinto

El ***Moringa oleifera*** (Teberinto) es uno de los árboles más útiles para las áreas semi áridas o propensas a la sequía. Se le encuentra muy a menudo cerca de las cocinas y en los jardines de los patios, donde sus hojas suculentas son cosechadas a diario para sopas, salsas o ensaladas. Estas hojas apetitosas

tienen un contenido alto en proteína, vitamina A y vitamina C. En lugares donde la dieta carece de estos nutrientes esenciales el árbol de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), hace una contribución importante a la salud humana.(Ver anexo N° 4).

Las vainas son a menudo cocidas y consumidas como arvejas. La raíz tiene un sabor al rábano picante, una comida popular en el este de África. Las flores se pueden comer en ensaladas o usarse como té, éstas producen buenas cantidades de calcio y potasio, también son muy usadas en apicultura. Varias partes del ***Moringa oleifera*** (Teberinto) son usadas en medicina como diurético, laxante, bactericida, anti- escorbútico y anti-inflamatorio. (10)

De la semilla se extrae el aceite, el cual se encuentra en un 25 -30 %. Este aceite es de excelente calidad y resistente al enranciamiento, es utilizado en industria farmacéutica, de alimentos, cosmética y como lubricante de maquinaria industrial y mecánica de precisión (relojes, etc.). (19)

3.11. Estudio del teberinto como purificador de agua

En El Salvador se ha realizado un estudio referente a las propiedades que presenta la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) como purificador de aguas de ríos. Según las investigaciones realizadas, ésta semilla posee una proteína llamada pterygospermina, un compuesto bactericida y fungicida. Su efecto floculante es por diferencia de cargas eléctricas que se establece entre las partículas que se encuentran en suspensión en el agua y el extracto de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). Las corrientes eléctricas aglutinan las

partículas en suspensión en torno a las partículas de la proteína. Después de un tiempo, lo que permanecía suspendido en el agua sin dificultad, se va convirtiendo en gruesas macropartículas, cada vez más grandes hasta que la fuerza de la gravedad las arrastra hasta el fondo. (Ver Anexo N° 6).

El procedimiento para purificar aguas con semilla de Teberinto es sencillo y consiste en preparar una suspensión con la harina de semilla, previamente descortezada, luego se filtra y se obtiene un extracto, el cual se mezcla durante 5 minutos con el agua que se quiere purificar y se deja reposar por una hora. Al cabo de ese tiempo, se filtra el agua en un filtro de arena y se obtiene un agua apta para el consumo humano. (11)

Sin embargo, la ***Moringa oleifera*** (Teberinto) no garantiza que el agua quede totalmente libre de microorganismos patógenos, pero al reducir drásticamente la cantidad de partículas en suspensión, también se reduce la cantidad de microorganismos, pues estos logran aglomerarse en torno a las partículas y quedan inmersos en los flóculos que forma el extracto de semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). (18)

Tales propiedades del Teberinto han sido aplicadas en Nicaragua a través de un programa llamado Proyecto de Biomasa de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), con el fin de aliviar la crisis de contaminación del lago Xolotlán. (18)

3.12. Estudio del teberinto como floculante primario

Este estudio fue realizado en Cuba en el año 2002, debido a la búsqueda de alternativas viables para la sustitución de sulfato de aluminio, de manera que en zonas rurales de Cuba fuera posible contar con sistemas sencillos de purificación de agua. Además, el Sulfato de Aluminio es obtenido en ese país a partir del Oxido de Aluminio y Ácido Sulfúrico, siendo el primero un material que debe ser importado; debido a la falta de divisas, se han visto en la necesidad de prescindir de sulfato de aluminio, por lo que se realizó este estudio. (16)

Para determinar su efectividad, se midieron parámetros como el pH, la alcalinidad, turbiedad y color, además de medir la DQO, metales como el hierro, aluminio y manganeso, y los coliformes totales. Se trabajó a diferentes concentraciones tanto de alúmina como de semilla de Teberinto, y se obtuvieron resultados positivos y alentadores. (16)

De esta forma, en la investigación realizada se logra concluir que las semillas de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) actúan efectivamente como floculante primario comparándose con el sulfato de aluminio; las mejores dosis obtenidas en la clarificación de aguas de alta y mediana turbiedad son entre 60 y 70 mg/L de extracto de semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). (16)

CAPITULO IV
DISEÑO METODOLOGICO

4. DISEÑO METODOLOGICO

Siendo el tipo de estudio retrospectivo- prospectivo y experimental.

El estudio retrospectivo es aquel en el cual se realiza una medición actual y se compara con datos obtenidos en el pasado; siendo el prospectivo un estudio basado en datos actuales los cuales se analizan en un tiempo determinado.

El diseño metodológico es analítico- experimental:

Se entiende por estudio analítico- experimental cuándo una investigación trata con datos y se esperan de ella resultados matemáticamente interpretables, los cuales conducen a conclusiones causales más claras y pueden diseñarse o desarrollarse instrumentos para medirlos, que al mismo tiempo permite explicar los fenómenos o problemas que están siendo estudiados .

4.1. Planeamiento de la investigación

Para poder realizar la investigación de las propiedades del Teberinto como floculante en aguas residuales de la industria de adhesivos, llevó a cabo lo siguiente:

4.2. Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica se realizó en:

- Biblioteca de la Facultad de Química y Farmacia de la Universidad de El Salvador.
- Centro de Documentación del Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales.

- Agencia de Cooperación Alemana (GTZ).
- Sitios de Internet

4.3. Trabajo de campo

Se hizo una visita a la industria donde se realizó el trabajo para evaluar la situación en el manejo de aguas residuales, así como para establecer los puntos idóneos de muestreo, dado que en la industria se utiliza un filtro para retener parte de los sólidos que se encuentran suspendidos en el agua proveniente de la limpieza de los reactores, en donde se realizan los procesos de producción de adhesivos.

Además se efectuó una visita a la hacienda "Los Nacimientos ", en el municipio de Aguilares, departamento de San Salvador, donde se cultiva el árbol de teberinto para comercializar su semilla. En este lugar se tomaron las muestras de semilla, recolectando aquellas de árboles de mediana edad de los cuales se está cosechando para la comercialización.

4.4. Muestreo

Se recolectaron muestras de semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto) de los árboles de mediana edad en sus vainas maduras, hasta hacer un total de 1 Kg de semilla.

Para la toma de muestra de aguas residuales, se emplearon frascos nuevos de polietileno con capacidad de 2 litros de boca ancha y de tapón de rosca. Las muestras se tomaron antes de ser descargadas al filtro, del tanque de reserva donde se almacena el agua residual de los procesos de producción. Luego se procedió a la realización de los análisis fisicoquímicos.

4.5. Trabajo de laboratorio

Se prepararon los extractos de semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto) a concentraciones de 1.0, 1.5, 2.0, 3.0 y 4.0 g en 100mL de agua destilada, además se extrajo el aceite de otra porción de semillas de *Moringa oleifera* (Teberinto), y con la harina desengrasada que se obtuvo se prepararon otros extractos a las mismas concentraciones de los extractos de semilla con aceite.

Para ello se utilizó el siguiente procedimiento:

1. Descascarar las semillas
2. Triturar las semillas en un mortero, de preferencia de madera, hasta obtener una harina más o menos homogénea.
3. Dividir en dos porciones esta harina.
4. Proceder a desengrasar una porción de harina, siguiendo el método mostrado en el anexo N° 7. Luego de obtener la harina desengrasada, proceder desde el paso número 5.
5. Pesar en una balanza semi-analítica, las siguientes cantidades de harina:
1.0 g, 1.5 g, 2.0 g, 3.0 g, y 4.0 g.

6. Colocar cada una de las porciones pesadas de harina, en beakers de 200 mL, y agregar a cada uno 100 mL de agua destilada.
7. Agitar por 10 minutos y dejar reposar, luego filtrar los extractos obtenidos. Con estos extractos, se tratarán las muestras de agua residual. (Para cada extracto, utilizar 1 Litro de agua residual.)
8. Agregar el extracto correspondiente al agua residual y agitarlo fuertemente por 30 minutos.
9. Dejar reposar por una hora.
10. Filtrar el agua obtenida auxiliándose de un filtro similar al utilizado en la industria de adhesivos (ver anexo N° 3)
11. Con las aguas obtenidas, se procedió a determinar los siguientes parámetros, por medio de análisis de laboratorio:

4.6. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ⁽¹⁴⁾

La DBO se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias mientras descomponen la materia orgánica biodegradable, bajo condiciones aerobias. ⁽¹⁴⁾

La DBO es el método usado con mayor frecuencia en el campo de tratamiento de las aguas residuales. Si existe suficiente oxígeno disponible, la composición biológica aerobia de un desecho orgánico continuará hasta que el desecho se haya consumido. Tres actividades más o menos diferenciadas pueden ocurrir. Primero, una parte del desecho se oxida a productos finales y

con ello los microorganismos obtienen energía para el mantenimiento de las células y la síntesis de nuevo tejido celular. Simultáneamente, otra fracción del desecho se convierte en tejido celular nuevo empleando la energía liberada durante la oxidación. Por último, cuando se consume la materia orgánica, las nuevas células empiezan a consumir su propio tejido celular con el fin de obtener energía para el mantenimiento celular.

Esta prueba es una de las más importantes en las actividades de control de contaminación de corrientes, donde la carga orgánica debe ser restringida para mantener los niveles de oxígeno disuelto. Esta determinación se usa 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.

Luego que las plantas de tratamiento entran en operación, la prueba se usa para evaluar la eficiencia de esta unidad.

Material y equipo (Ver Anexo N° 8)

Reactivos (Ver Anexo N° 8)

Procedimiento: (1)

Preparación de agua de dilución

1. Colocar 1 L de agua destilada en un equipo de aireación.
2. Hacer pasar, a través del agua destilada aire comprimido durante 8 horas.
3. Adicionar 1 mL de las siguientes soluciones por cada litro de agua aireada:

Buffer fosfato

Solución de Sulfato de Manganeso

Solución de Cloruro de Calcio

Solución de Cloruro de hierro

4. Homogenizar la solución.

Preparación de las muestras

- Tomar 3 mL de la muestra y agregarlos a una botella de incubación de DBO de 300 mL y llenarla con agua de dilución. Tapar el frasco.
- Hacer una muestra para el primer día y otra para el quinto día.

Preparación del Blanco

- Llenar una botella de incubación de DBO de 300 mL con agua de dilución.
- Realizar procedimiento indicado en los pasos 1, 2 y 3 para la preparación de la muestra.

Preparación de la muestra para el primer día

1. A una de las botellas de incubación conteniendo la muestra, agregar 2 mL de sulfato de Manganeso y 2 mL de Azida, tapar de inmediato (se forma un precipitado amarillo) agitar el frasco por inversión y colocarlo quince minutos en la oscuridad.
2. Adicionar 2 mL de ácido sulfúrico concentrado por las orillas.
3. Transferir a un erlenmeyer y valorar con tiosulfato de sodio.

Preparación de la muestra del quinto día

1. Llenar otra botella de incubación de 300 mL con 1% de muestra, y dejar reposar en una incubadora a 20 °C, en la oscuridad por cinco días.
2. Realizar procedimiento indicado en los pasos 1, 2, y 3 anteriores

Fórmula para el Cálculo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

$$\text{mg/L DBO} = \frac{\text{OD}_B - (\text{OD}_1 - \text{OD}_5)}{\text{fracción de muestra diluída}}$$

Donde:

OD_B = Oxígeno disuelto del blanco

OD_1 = Oxígeno disuelto del primer día

OD_5 = Oxígeno disuelto del quinto día

$$\text{Factor de corrección (FC)} = \frac{\text{Nreal del Tiosulfato de Sodio}}{\text{Nteórica del Tiosulfato de Sodio}} = \frac{(0.0125)}{(0.01258)}$$

4.7. Demanda Química de oxígeno (DQO) (14)

La prueba de la DQO se usa para medir el material orgánico presente en las aguas residuales, susceptibles de ser oxidado químicamente con una solución de dicromato en medio ácido. (14)

Muchos tipos de materia orgánica se destruyen por la mezcla en ebullición de ácidos crómico y sulfúrico. Se somete a reflujo una muestra con cantidades conocidas de dicromato de potasio y de ácido sulfúrico, el exceso de dicromato

de potasio se titula sulfato ferroso amoniacal. La cantidad de materia orgánica oxidable es proporcional al dicromato de potasio que se consume. (1)

Material y equipo (Ver Anexo N° 9)

Reactivos (Ver Anexo N° 9)

Procedimiento: (1)

- a) Colocar 20 mL o una alícuota menor diluida a 20 mL en un frasco de reflujo de 250 mL.
- b) Adicionar 0.2 g de HgSO_4 , y lentamente adicionar 5 mL de ácido sulfúrico, dejar enfriar la muestra, adicionar perlas de vidrio.
- c) Adicionar 10 mL de Dicromato de Potasio 0.25 N y mezclar nuevamente.
- d) Adicionar ácido remanente (25 mL), continuar mezclando la muestra mientras se adiciona el ácido.
- e) Colocar el condensador y asegurarse que la mezcla ha sido completa antes de aplicarle calor.
- f) Dejar reflujar por dos horas, luego dejar enfriar y lavar la base del condensador con agua destilada.
- g) Diluir la mezcla con agua destilada doblando su volumen, enfriar a temperatura ambiente y titular el exceso de dicromato con solución de sulfato amónico ferroso 0.1N, usando 2-3 gotas de ferroína como indicador. El punto final de la valoración es el viraje de color verde a rojo-marrón y color marrón a azul-gris.
- h) Seguir el mismo procedimiento para el blanco de reactivo.

Fórmula para el Cálculo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

$$\text{mg/L DQO} = \frac{(a-b)N \times 80000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

a = mL de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usado para titular el blanco

b = mL de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usado para titular la muestra.

N = Normalidad de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

Constante: 80000

4.8. Sólidos Totales

Los sólidos en el agua se definen como el residuo que se obtiene, después de haber sometido a evaporación una muestra de agua, a ese residuo se le conoce como sólidos totales. (1)

Método: Gravimétrico

Consiste en la evaporación de una muestra de agua en una cápsula previamente tarada y luego secada en una estufa a una temperatura definida.

El incremento en el peso de la cápsula vacía representa el valor de sólidos totales o residuo total. (1)

Material y equipo (Ver anexo Nº 10)

Procedimiento (1)

1. Colocar una cápsula de porcelana limpia en una estufa a 105° C por una hora.
2. Sacar la cápsula de la estufa, enfriarla en desecador por 30 minutos y pesarla, hasta peso constante.
3. Medir 50.0 mL de muestra y transferirlos a la cápsula tarada.
4. Llevar la muestra a sequedad en baño de vapor.
5. Secar la muestra evaporada en la cápsula en una estufa por una hora a 105°C.
6. Sacar la cápsula de la estufa y enfriar en un desecador por 30 minutos y pesarla, hasta peso constante. (1)

Fórmula para el cálculo de Sólidos Totales

$$\text{mg ST/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

A = peso de cápsula + residuo

B = peso de cápsula

A – B = peso del residuo

4.9. Sólidos Sedimentables

Son los materiales que se depositan en el fondo de un recipiente debido a la operación de su sedimentación. (1)

Fundamento.

El método se basa en las propiedades que tienen los cuerpos, de asentarse en niveles progresivos de acuerdo a sus diferentes densidades.

Material

Cono de sedimentación estilo I (Imhoff) aforado a un litro.

Procedimiento: (1)

- Se mezcla cuidadosamente la muestra no filtrada a fin de asegurar una distribución homogénea de los sólidos a través de todo el cuerpo del líquido, teniéndose especial cuidado en desalojar a las partículas del ángulo formado entre el lado y la base del recipiente muestreador.
- Se llena el cono de sedimentación con la muestra hasta el aforo en la marca del cono y se deja reposar durante 45 minutos. Una vez transcurrido este tiempo se agita ligeramente el líquido cercano a las paredes del recipiente y se deja reposar durante un lapso de 45 minutos. El volumen de materia sedimentable se lee directamente en el cono y se reporta como mL/L.

4.10. Aceites y Grasas (2)

Los aceites y grasas emulsionados o disueltos se extraen de las aguas por contacto íntimo con diversos disolventes orgánicos.

Material y equipo: (Ver anexo № 11)

Procedimiento: (2)

- a. Vertir un litro de muestra en un embudo de separación de suficiente capacidad para permitir la adición del ácido y del disolvente.
- b. Se acidula la muestra con 5 mL de ácido sulfúrico concentrado por litro.
- c. Se lava el frasco de muestra, cuidadosamente con 15 mL de éter de petróleo y se agregan los lavados del éter al embudo de separación. Se agregan al embudo de separación 25 mL adicionales de éter, agitándose vigorosamente por 2 minutos.
- d. Repetir la operación tres veces, recolectando los extractos etéreos en un beaker seco y limpio previamente tarado.
- e. Colocar el beaker en estufa a 60°.
- f. Sacar el beaker de la estufa cuando el éter se haya evaporado por completo y colocar en un desecador por espacio de una hora.
- g. Pesar el beaker.

Fórmula para el cálculo de Aceites y Grasas:

$$\text{mg/L de aceites y grasas} = \frac{\text{mg de aumento} - \text{mg de peso de beaker}}{\text{peso de beaker}} \times \text{Volumen de muestra}$$

4.11. Análisis estadístico (13)

El análisis de los resultados obtenidos, se realizó utilizando un Análisis de Varianza de Dos Factores, para demostrar si existe una interacción y variación en los factores determinantes del ensayo, es decir, entre la concentración de harina utilizada, y los dos tipos de harina usados: Integra y desengrasada.

Es así, que los efectos de los factores principales, A =concentración y B =tipo de harina, toman un significado diferente ante la presencia de interacción. En general podrían existir situaciones experimentales en las cuales el factor A tenga un efecto positivo sobre la respuesta en un nivel del factor B, mientras que en un nivel diferente de este último el efecto de A sea negativo. Se utiliza el termino efecto positivo para indicar que el rendimiento aumenta conforme se incrementan los niveles de un factor determinado de acuerdo con algún orden definido. En el mismo sentido, un efecto negativo corresponde a una disminución en el rendimiento para niveles crecientes del factor. En conclusión, los niveles de A, es decir $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ pueden tener un efecto positivo o negativo en los niveles de B, o sea $b_1, b_2, b_3, \dots, b_n$.

Para poder desarrollar el análisis estadístico de varianza para un experimento de dos factores, es necesario trabajar con una cantidad de n réplicas en las diversas combinaciones AB del tratamiento, debiéndose tener el mismo número n de observaciones en cada combinación. Los cálculos en un problema de análisis de variancia para un experimento de dos factores con n réplicas, se resume de la siguiente manera:

Cuadro № 1 Fórmulas para el cálculo de Variancia en un Experimento de Dos Factores (13)

| Fuente de variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | f calculada |
|-----------------------|-------------------|--------------------|---|---------------------------|
| Efecto principal | | | | |
| A | SSA | $a - 1$ | $s^2_1 = \frac{SSA}{a - 1}$ | $f_1 = \frac{s^2_1}{s^2}$ |
| B | SSB | $b - 1$ | $s^2_2 = \frac{SSB}{b - 1}$ | $f_2 = \frac{s^2_2}{s^2}$ |
| Interacción | | | | |
| de dos factores AB | SS(AB) | $(a - 1)(b - 1)$ | $s^2_3 = \frac{SS(AB)}{(a - 1)(b - 1)}$ | $f_3 = \frac{s^2_3}{s^2}$ |
| Error | SSE | $ab(n - 1)$ | $s^2 = \frac{SSE}{ab(n - 1)}$ | |
| Total | SST | $abn - 1$ | | |

En donde: SSA = Suma de cuadrados para el efecto principal A

SSB = Suma de cuadrados para el efecto principal B

SS(AB) = Suma de cuadrados de la interacción para A y B

SSE = Suma de cuadrados del error

$$SST = SSA + SSB + SS(AB) + SSE$$

Cada uno de los cuadrados medios se forman al dividir la suma de cuadrados entre su correspondiente número de grados de libertad, obteniéndose los cuatro estadísticos s^2_1 , s^2_2 , s^2_3 , s^2_4 . Antes de intentar hacer inferencias acerca de los efectos principales A y B, es conveniente realizar la prueba de interacción, si la interacción no es significativa en realidad existe evidencia de que las pruebas de efectos principales son interpretables. Las sumas de cuadrados se obtienen construyendo una tabla de totales como la siguiente:

Cuadro Nº 2 Ejemplo de tabla de totales para la obtención de las sumas de cuadrados

| A | B | | TOTAL |
|-------|-----------------|--------------------------------------|----------------|
| | 1 | 2.....b | |
| 1 | T ₁₁ | T ₁₂T _{1b} | T ₁ |
| 2 | T ₂₁ | T ₂₂T _{2b} | T ₂ |
| · | · | · | · |
| · | · | · | · |
| a | T _{a1} | T _{a2} T _{ab} | T _a |
| TOTAL | T ₁ | T ₂T _b | T |

Para el cálculo de la suma de los cuadrados, se emplean las siguientes fórmulas:

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{T_{2\dots}^2}{abn}$$

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

De esta forma, el análisis estadístico para el experimento de dos factores, lleva a determinar las tres hipótesis siguientes:

1. $H'o$ = los efectos de los factores A son todos iguales a cero.
2. $H''o$ = los efectos de los factores B son todos iguales a cero.
3. $H'''o$ = los efectos de interacción son todos iguales a cero.

Para probar la hipótesis $H'0$ se calcula la razón:

$$f_1 = \frac{s^2_1}{s^2}$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_1 que tiene la distribución F con $a - 1$ y $ab(n - 1)$ grados de libertad cuando $H'0$ es verdadera. Se rechaza la hipótesis nula a un nivel de significancia α cuando $f_1 > f_{\alpha}[a - 1, ab(n - 1)]$. De

manera semejante para probar la hipótesis $H''0$, se calcula la razón:

$$f_2 = \frac{s^2_2}{s^2}$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_2 que tiene distribución F con $b - 1$ y $ab(n - 1)$ grados de libertad cuando $H''0$ es verdadera. Esta hipótesis se rechaza en el nivel de significancia α cuando $f_2 > f_{\alpha}[b - 1, ab(n - 1)]$.

Finalmente, para probar $H'''0$ se calcula la razón:

$$f_3 = \frac{s^2_3}{s^2}$$

la cual es un valor de la variable aleatoria F_3 que tiene distribución F con $(a - 1)(b - 1)$ y $ab(n - 1)$ grados de libertad cuando $H'''0$ es verdadera. Se concluye que la interacción está presente cuando $f_3 > f_{\alpha}[(a - 1)(b - 1), ab(n - 1)]$ donde f_{α} es f de tablas.

CAPITULO V

RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5. RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

5.1 Determinación de dosis más adecuada de harina de semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto) para el tratamiento de aguas residuales

5.1.1 Preparación de harina de semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto).

Se molturan las semillas para eliminar la cáscara que envuelve el endospermo. Posteriormente se trituran los endospermos utilizando mortero y pistilo para obtener una harina más o menos homogénea. La harina se sometió a calor en una estufa, con una temperatura de 60° C para eliminar la humedad que contiene, luego se desengrasó una porción de harina utilizando el método Soxhlet y como solvente orgánico hexano. Con este proceso se obtuvo una harina blanca y muy suelta a diferencia de la semilla íntegra, y se recolectó un aceite amarillo claro y fino. Las harinas se almacenaron en frascos de vidrio bien cerrado.

5.1.2 Obtención de los Extractos y Evaluación de Dosis más adecuada.

Los extractos se prepararon pesando las siguientes cantidades de harina: 1.0g, 1.5g, 2.0g, 3.0g, 4.0g, 4.5g, 6.0 g, las cuales se incorporaron a 100.0 mL de agua destilada y desmineralizada y sometidas a agitación por una hora, elevando la temperatura a 40 ° C.

Al ser tratada el agua residual cruda con extractos de ambas harinas (íntegra y desengrasada), se colocaron las muestras de agua tratada en conos de sedimentación obteniéndose los siguientes resultados:

CUADRO Nº 3 Resultados cantidad de sedimento formado para determinación de dosis más adecuada

| Agua Residual Cruda : 5 mL/L | | |
|------------------------------|------------------------------|-----------------------------------|
| Concentraciones | Resultados de harina íntegra | Resultados de harina desengrasada |
| 1.0 g/ 100 mL | 5.0 mL / L | 6.0 mL/L |
| 1.5 g/ 100 mL | 7.0 mL / L | 7.0 mL/L |
| 2.0 g/ 100 mL | 9.0 mL / L | 7.0 mL/L |
| 3.0 g/ 100 mL | 8.0 mL / L | 10.0 mL/L |
| 4.0 g/ 100 mL | 10.0 mL / L | 12.0 mL/L |
| 4.5 g/100 mL | 9.0 mL/ L | 10.0 mL/ L |
| 6.0 g/100 mL | 10.0 mL/ L | 10.0 mL/ L |

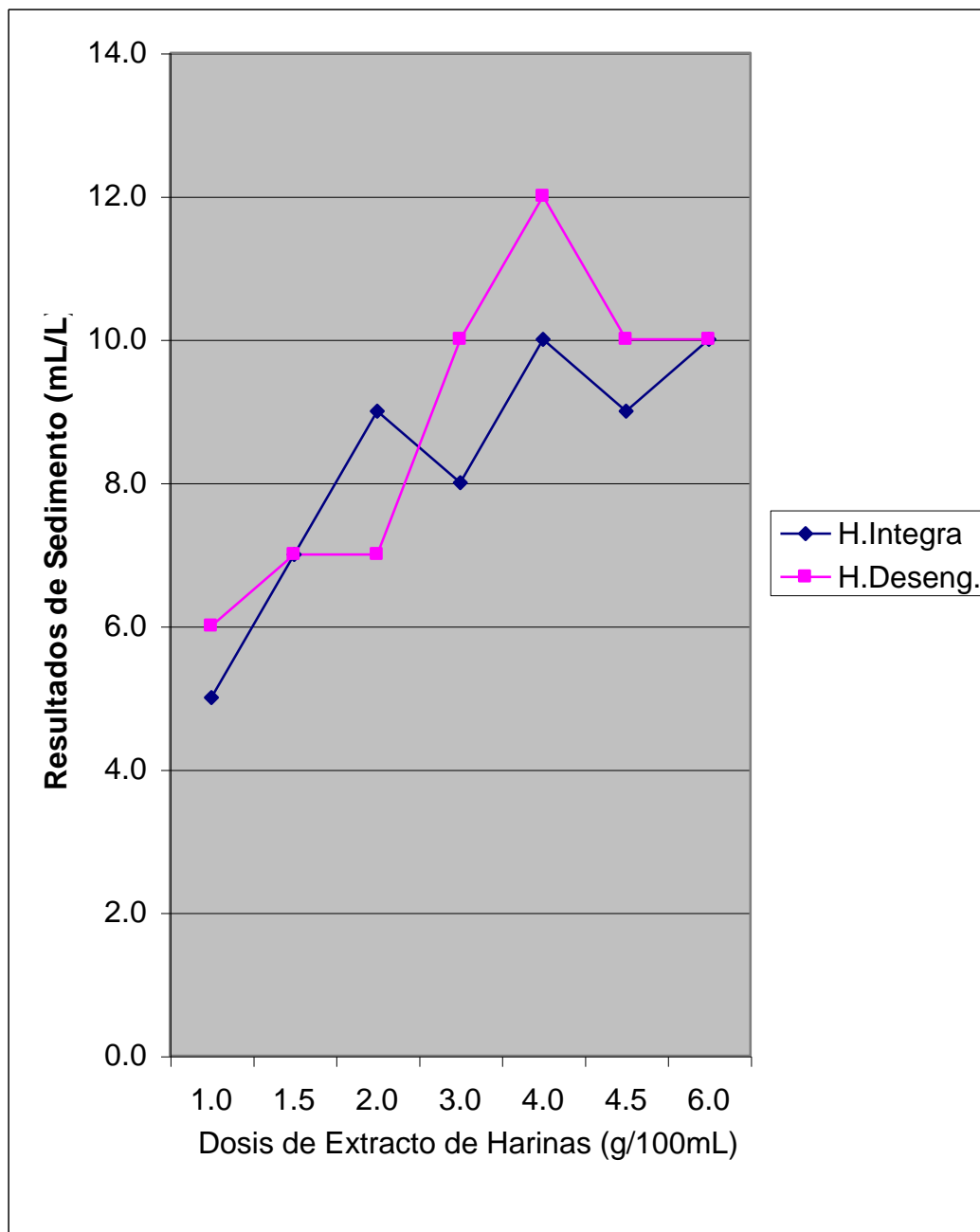


Fig. Nº 1 Cantidad de sedimento formado para determinación de dosis más adecuada

Según lo observado mediante el uso de conos de sedimentación, la dosis más adecuada de extracto es la de 4.0 g/100 mL de agua destilada y desmineralizada, puesto que con ella se obtiene mayor sedimento que en los extractos de menor concentración. Además se observa que los resultados de concentraciones mayores a 4.0 g/ 100 mL no varían con respecto a este y mantienen una constante, por lo cual se descartó la utilización de ellos con el fin de administrar mejor la cantidad de las harinas.

5.2 Efecto Floculante de la Harina de *Moringa oleifera*

Para tener un parámetro de comparación se colocó en un cono de sedimentación un litro de agua residual cruda, comparándola con los conos que tenían las aguas tratadas con diferentes extractos. El agua residual cruda no formó más cantidad de sedimento que las aguas residuales tratadas en el periodo de una hora, lo que indica la actividad floculante de la harina de semilla *Moringa oleifera*. (Ver cuadro № 1 y Fig. № 1).

5.3 Parámetros de Calidad del Agua Residual Tratada

5.3.1 Análisis Físicoquímico del Agua Residual Cruda

El agua residual cruda fue sometida a evaluación para tener la información básica de su estado de contaminación, obteniéndose los siguientes resultados:

Cuadro Nº 4 Análisis fisicoquímico de agua residual cruda

| Parámetro | Resultado |
|-------------------------------|------------|
| Demanda Bioquímica de Oxígeno | 7950 mg/L |
| Demanda Química de Oxígeno | 18000 mg/L |
| Sólidos totales | 3380 mg/L |
| Sólidos Sedimentables | 5.0 mL/L |
| Aceites y Grasas | 4124 mg/L |

Según lo expresado en el cuadro anterior, se comparó con los parámetros que exige la Norma Salvadoreña en Revisión (6), dando como resultado que el agua residual cruda se encontraba con niveles de contaminación elevados. La muestra de agua residual fue tomada de las aguas provenientes del lavado de los reactores en donde se producen los adhesivos, es decir que el agua muestra es totalmente cruda.

5.3.2 Análisis Fisicoquímico de Agua Residual Tratada

El agua residual tratada fue sometida a los análisis físicos químicos que demanda la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6) obteniéndose los siguientes resultados:

DEMANDA BIOQUÍMICA DE OXIGENO

Cuadro Nº 5. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinación de DBO

| Concent. de harina | Primer ensayo | | Segundo ensayo | | Tercer ensayo | | Cuarto ensayo | |
|--------------------|---------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 |
| 1.0 g/100 mL | 7.6mL | 5.8mL | 7.7mL | 5.6mL | 7.6mL | 5.8mL | 7.6mL | 5.8mL |
| 1.5 g/100 mL | 7.6mL | 5.5mL | 7.4mL | 5.4mL | 7.8mL | 5.5mL | 7.8mL | 5.4mL |
| 2.0g/100 mL | 8.0mL | 5.5mL | 7.8mL | 5.4mL | 8.0mL | 5.6mL | 7.8mL | 5.5mL |
| 3.0g/100 mL | 8.0mL | 5.4mL | 8.0mL | 5.3mL | 8.1mL | 5.4mL | 8.0mL | 5.4mL |
| 4.0g/100 mL | 8.1mL | 4.6mL | 8.3mL | 4.5mL | 8.1mL | 4.3mL | 8.3mL | 4.5mL |

Cuadro Nº 6. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para determinación de DBO

| Concentración de harina | Primer ensayo | | Segundo ensayo | | Tercer ensayo | | Cuarto ensayo | |
|-------------------------|---------------|-------|----------------|-------|---------------|-------|---------------|-------|
| | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 | Día 1 | Día 5 |
| 1.0 g/100 mL | 7.6mL | 5.2mL | 7.6mL | 5.3mL | 7.5mL | 5.2mL | 7.6mL | 5.2mL |
| 1.5 g/100 mL | 7.8mL | 5.5mL | 7.8mL | 5.4mL | 7.8mL | 5.5mL | 7.8mL | 5.4mL |
| 2.0g/100 mL | 8.0mL | 4.2mL | 8.1mL | 4.1mL | 8.0mL | 4.2mL | 8.1mL | 4.2mL |
| 3.0g/100 mL | 8.1mL | 3.9mL | 8.0mL | 3.9mL | 8.1mL | 4.0mL | 8.1mL | 4.0mL |
| 4.0g/100 mL | 8.3mL | 2.6mL | 8.1mL | 2.9mL | 8.0mL | 3.0mL | 8.2mL | 2.9mL |

Cálculo de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) ⁽¹⁾

$$\text{mg/L DBO} = \text{OD}_B - (\text{OD}_1 - \text{OD}_5) / 1\% \text{ de muestra}$$

Donde:

OD_B = Oxígeno disuelto del Blanco

OD₁ = Oxígeno disuelto del primer día

OD₅ = Oxígeno disuelto del quinto día

$$\text{Factor de corrección} = \frac{\text{Nreal Tiosulfato}}{\text{Nteórica Tiosulfato}} = \frac{0.0125}{0.012581} = 0.99326$$

Ejemplo de Cálculo de la DBO con Harina de Semilla Integra

Datos:

$$F_c = 0.99326$$

Concentración del extracto = 1.0 g/100 mL

Vol. promedio de los blancos = 7.6 mL

$$\text{OD}_1 = 7.6 \text{ mL}$$

$$\text{OD}_5 = 5.8 \text{ mL}$$

$$\text{mg/L DBO} = 7.6 \text{ mL} - (7.6 - 5.8) \text{ mL} / 0.01$$

$$\text{mg/L DBO} = 581.21 \text{ mg/L}$$

Los datos correspondientes a los demás resultados de harina de semilla íntegra y desengrasada se presentan en el cuadro № 20.

Cuadro № 7. Resultados finales de los valores promedios de la DBO

| Agua residual cruda: 7950 mg/L | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| Concentración de Harina | Semilla íntegra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 573.76 mg/L | 526.58 mg/L |
| 1.5 g/100 mL | 541.47 mg/L | 526.58 mg/L |
| 2.0 g/100 mL | 521.61 mg/L | 375.10 mg/L |
| 3.0 g/100 mL | 496.78 mg/L | 350.27 mg/L |
| 4.0 g/100 mL | 390.00 mg/L | 233.57 mg/L |

Valor permisible por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6) :

250.0 mg/L (6)

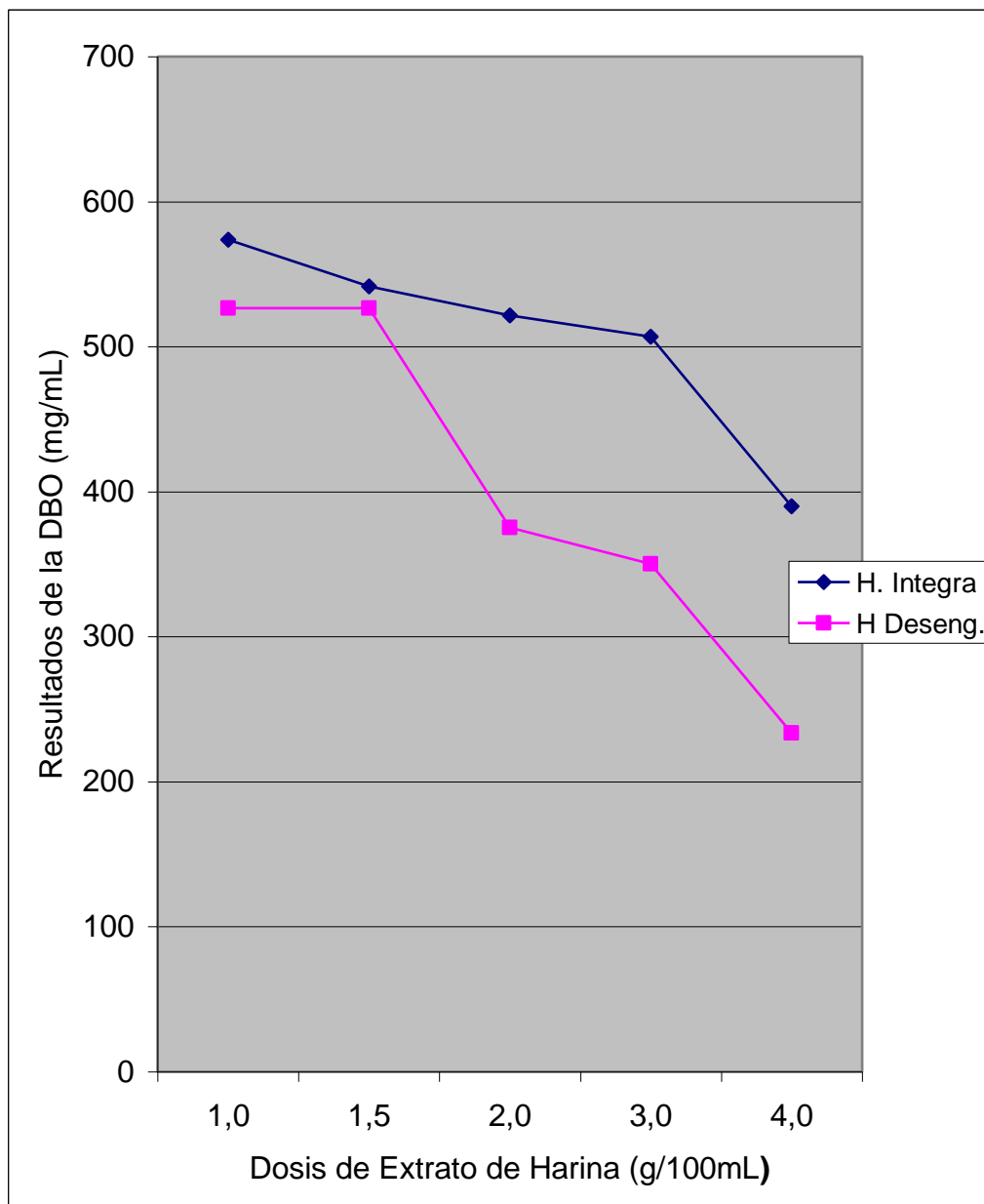


Fig. № 2 Gráfico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO

Cuadro Nº 8. Pruebas con Harina de Semilla Integra para determinación de
DQO

| Concent. de harina | Vol. gastado ensayo 1 | Vol. gastado ensayo 2 | Vol. gastado ensayo 3 | Vol. gastado ensayo 4 |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.0 g/100 mL | 1.64 mL | 1.63 mL | 1.64 mL | 1.65 mL |
| 1.5 g/100 mL | 1.66 mL | 1.65 mL | 1.65 mL | 1.64 mL |
| 2.0 g/100 mL | 1.69 mL | 1.69 mL | 1.68 mL | 1.70 mL |
| 3.0 g/100 mL | 1.70 mL | 1.70 mL | 1.70 mL | 1.70 mL |
| 4.0 g/100 mL | 1.72 mL | 1.73 mL | 1.71 mL | 1.72 mL |

Cuadro Nº 9. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para
determinación de DQO

| Concent. de harina | Vol. gastado ensayo 1 | Vol. gastado ensayo 2 | Vol. gastado ensayo 3 | Vol. gastado ensayo 4 |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| 1.0 g/100 mL | 1.72 mL | 1.71 mL | 1.71 mL | 1.72 mL |
| 1.5 g/100 mL | 1.75 mL | 1.75 mL | 1.75 mL | 1.75 mL |
| 2.0 g/100 mL | 1.77 mL | 1.76 mL | 1.78 mL | 1.77 mL |
| 3.0 g/100 mL | 1.76 mL | 1.78 mL | 1.78 mL | 1.76 mL |
| 4.0 g/100 mL | 1.78 mL | 1.77 mL | 1.78 mL | 1.79 mL |

Cálculo de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) (1)

$$\text{mg/L DQO} = \frac{(a - b) N \times 80000}{\text{mL de muestra}}$$

Donde:

a = mL de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usado para titular el blanco

b = mL de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$ usado para titular la muestra.

N = Normalidad de $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

Ejemplo de Cálculo de la DQO con Harina de Semilla Integra

Datos:

a = 5.1 mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

b = 1.64 mL $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$

N = 1.0001

Vol. Muestra = 20 mL

$$\text{mg/L DQO} = (5.1 \text{ mL} - 1.64 \text{ mL}) 0.1 \times 80000 / 20 \text{ mL}$$

$$\text{mg/L DQO} = 1,384 \text{ mg/L}$$

Los datos correspondientes a los demás resultados se presentan en el cuadro

Nº 23.

Cuadro № 10. Resultados finales de los valores promedios de la DQO

| Agua residual cruda: 18000 mg/L | | |
|---------------------------------|-----------------|----------------------|
| Concentración de harina | Semilla íntegra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 1384 mg/L | 1374 mg/L |
| 1.5 g/100 mL | 1380 mg/L | 1360 mg/L |
| 2.0 g/100 mL | 1364 mg/L | 1352 mg/L |
| 3.0 g/100 mL | 1360 mg/L | 1352 mg/L |
| 4.0 g/100 mL | 1352 mg/L | 1348 mg/L |

Valor permisible por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6) :

500.0 mg/L (6)

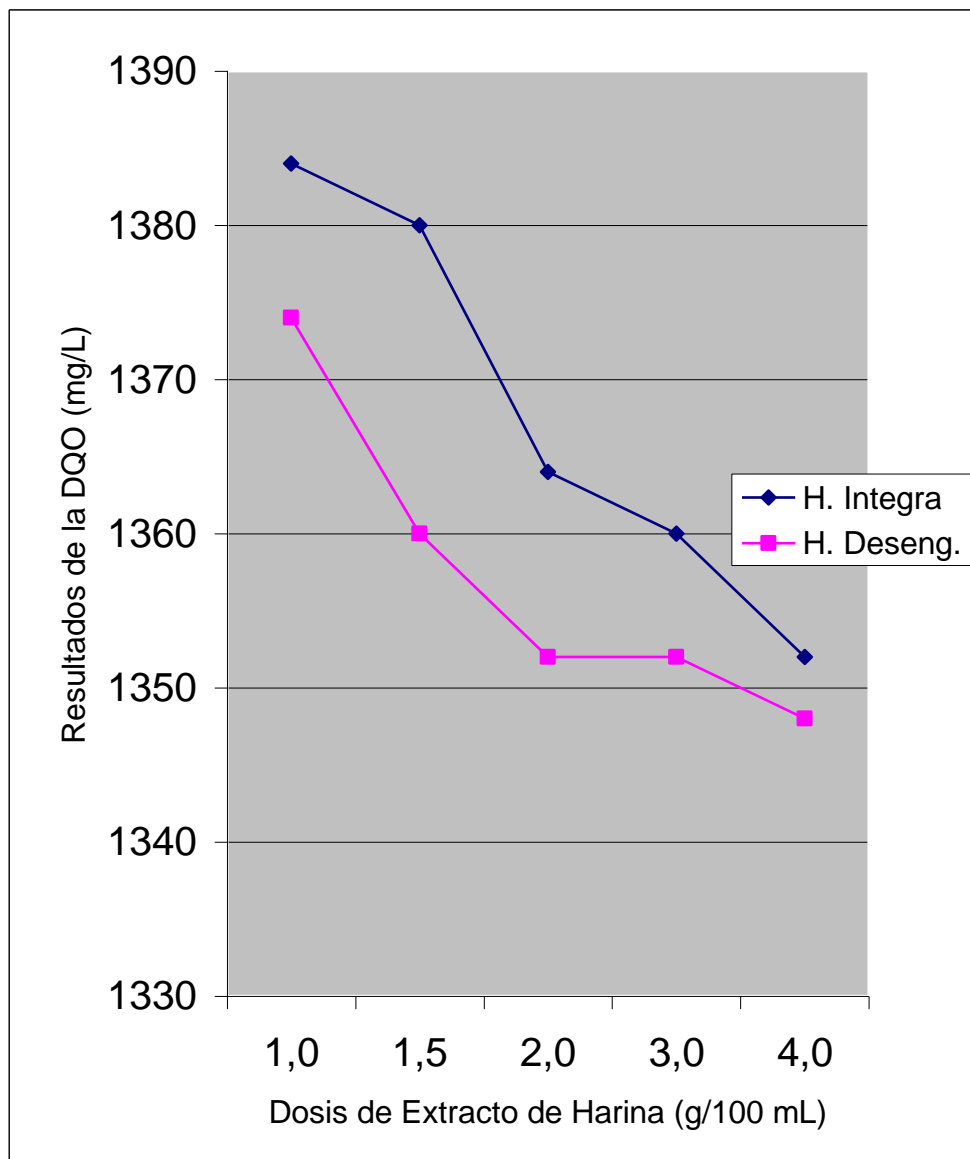


Fig Nº 3 Gráfico de la Demanda Química de Oxígeno

SÓLIDOS TOTALES

Cuadro № 11. Pruebas de Harina de Semilla Integra para Sólidos Totales

| Ensayos | 1er Ensayo | | 2º Ensayo | | 3er Ensayo | | 4º Ensayo | |
|---------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) |
| 1.0 | 75.2950 | 75.3650 | 86.4315 | 86.5010 | 92.1782 | 92.2475 | 84.5128 | 84.5825 |
| 1.5 | 74.2375 | 74.3070 | 88.7955 | 88.8635 | 101.3325 | 101.4010 | 90.4340 | 90.5030 |
| 2.0 | 80.3034 | 80.3624 | 69.8050 | 69.8635 | 98.5045 | 98.5640 | 75.9065 | 75.9655 |
| 3.0 | 76.1530 | 76.2025 | 74.8120 | 74.8605 | 86.7025 | 86.7515 | 80.5010 | 80.5500 |
| 4.0 | 87.2599 | 87.3029 | 94.8230 | 94.8640 | 102.4610 | 102.5025 | 66.8285 | 66.8710 |

Cuadro № 12. Pruebas de Harina de Semilla Desengrasada para Sólidos Totales

| Ensayos | 1er Ensayo | | 2º Ensayo | | 3er Ensayo | | 4º Ensayo | |
|---------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|--------------|--------------------|
| | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) | PCap. (g) | PCap. + Mx. (g) |
| 1.0 | 83.7155 | 83.8035 | 76.6950 | 76.7825 | 88.4360 | 88.5240 | 74.8335 | 74.9225 |
| 1.5 | 90.6355 | 90.7200 | 101.7285 | 101.8135 | 75.7867 | 75.8710 | 84.5175 | 84.6010 |
| 2.0 | 75.7355 | 75.8145 | 88.5805 | 80.6490 | 74.5385 | 74.6180 | 102.2415 | 102.3205 |
| 3.0 | 92.5810 | 92.5810 | 74.7153 | 74.7840 | 102.2807 | 102.3480 | 80.8495 | 80.9165 |
| 4.0 | 66.8065 | 66.8640 | 88.4446 | 88.5035 | 76.2233 | 76.2810 | 84.7930 | 84.8500 |

Cálculo de Sólidos Totales (13)

$$\text{mg ST/L} = \frac{(A - B) \times 1000}{\text{mL Muestra}}$$

Donde:

ST = Sólidos Totales

A = Peso de cápsula + residuo

B = Peso de cápsula

A – B = Peso del residuo

Ejemplo de cálculo de Sólidos Totales con Harina de Semilla Integra

Datos:

A = 83.8035 g

B = 83.7155 g

mg ST/L = (83803.5 mg – 83715.5 mg) x 1000 / 50 mL

mg ST/L = 1760 mg/L

Los datos correspondientes a los demás resultados se presentan en el cuadro

Nº 26.

Cuadro № 13. Resultados finales de valores promedios de Sólidos Totales

| Agua residual cruda: 3380 mg/L | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| Concentración de harina | Semilla íntegra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 1761.0 mg/L | 1392.5 mg/L |
| 1.5 g/100 mL | 1686.5 mg/L | 1370.0 mg/L |
| 2.0 g/100 mL | 1580.0 mg/L | 1180.0 mg/L |
| 3.0 g/100 mL | 1352.0 mg/L | 980.00 mg/L |
| 4.0 g/100 mL | 1156.0 mg/L | 840.00 mg/L |

Valor permisible por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6) :

100.0 mg/L (6)

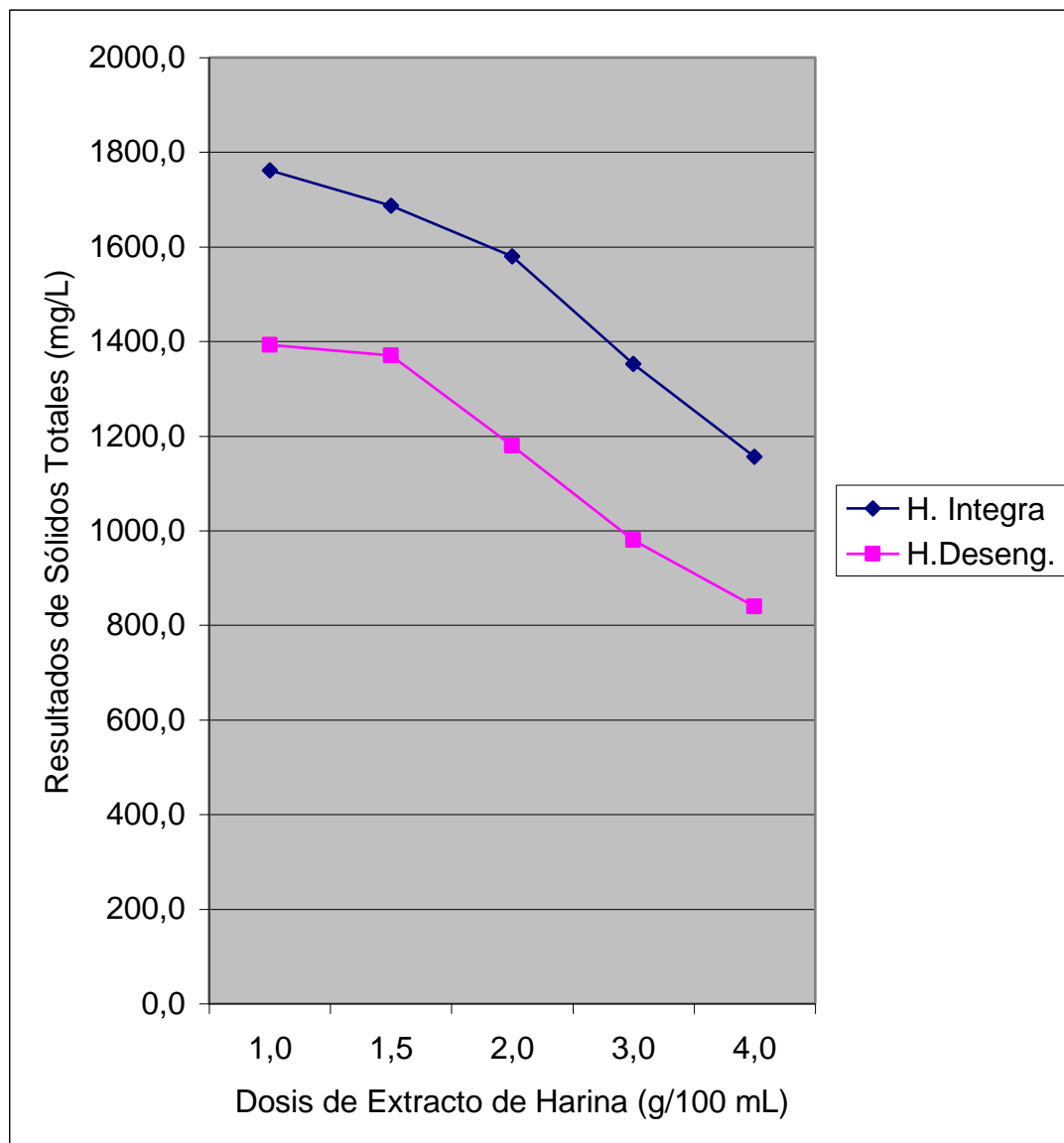


Figura Nº 4. Gráfico Sólidos Totales

SÓLIDOS SEDIMENTABLES

Cuadro № 14. Pruebas con Harina de Semilla Integra para Sólidos
Sedimentables

| Concentración de harina | 1º ensayo Vol. 1 | 2º ensayo Vol. 2 | 3º ensayo Vol. 3 | 4º ensayo vol. 4 | Vol. promedio |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 1.0 g/100 mL | 4.2 mL/L | 3.8 mL/L | 4.5 mL/L | 4.3 mL/L | 4.2 mL/L |
| 1.5 g/100 mL | 3.8 mL/L | 3.4 mL/L | 2.6 mL/L | 3.0 mL/L | 3.6 mL/L |
| 2.0 g/100 mL | 2.9 mL/L | 3.2 mL/L | 2.6 mL/L | 2.5 mL/L | 2.8 mL/L |
| 3.0 g/100 mL | 2.2 mL/L | 1.8 mL/L | 1.6 mL/L | 2.4 mL/L | 2.0 mL/L |
| 4.0 g/100 mL | 1.3 mL/L | 2.0 mL/L | 1.7 mL/L | 1.0 mL/L | 1.6 mL/L |

Cuadro № 15. Pruebas con Harina de Semilla Desengrasada para Sólidos
Sedimentables

| Concentración de harina | 1º ensayo Vol. 1 | 2º ensayo Vol. 2 | 3º ensayo Vol. 3 | 4º ensayo vol. 4 | Vol. promedio |
|----------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|------------------|
| 1.0 g/100 mL | 4.3 mL/L | 2.9 mL/L | 3.4 mL/L | 3.4 mL/L | 3.5 mL/L |
| 1.5 g/100 mL | 2.7 mL/L | 1.9 mL/L | 2.2 mL/L | 2.4 mL/L | 2.3 mL/L |
| 2.0 g/100 mL | 1.4 mL/L | 1.6 mL/L | 2.1 mL/L | 1.3 mL/L | 1.6 mL/L |
| 3.0 g/100 mL | 1.0 mL/L | 1.1 mL/L | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L |
| 4.0 g/100 mL | 1.1 mL/L | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L |

Cuadro Nº 16. Resultados finales de valores promedios de Sólidos
Sedimentables

| Agua residual cruda: 5 .0 mL/L | | |
|--------------------------------|-----------------|----------------------|
| Concentración de harina | Semilla íntegra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 4.2 mL/L | 3.5 mL/L |
| 1.5 g/100 mL | 3.6 mL/L | 2.3 mL/L |
| 2.0 g/100 mL | 2.8 mL/L | 1.6 mL/L |
| 3.0 g/100 mL | 2.0 mL/L | 1.0 mL/L |
| 4.0 g/100 mL | 1.6 mL/L | 1.0 mL/L |

Valor permisible por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6):

15.0 mL/L (6)

La prueba se realizó luego de hacer pasar el agua tratada por el filtro de arena y piedra volcánica. (Ver Anexo 3)

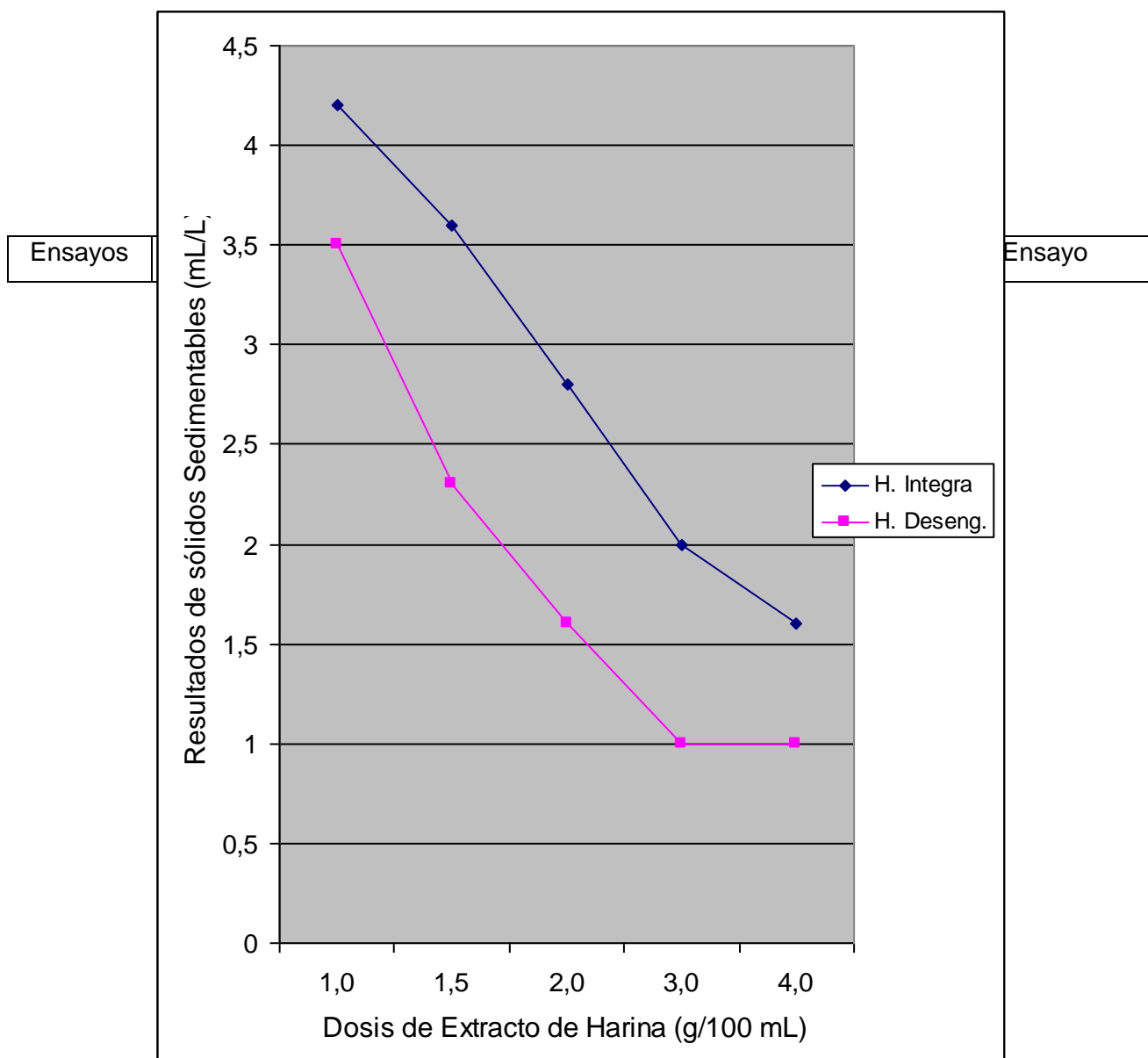


Fig. Nº 5. Grafico Sólidos Sedimentables

| Conc. Har. (g/100 mL) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| 1.0 | 164.8685 | 164.9085 | 158.7475 | 158.7905 | 180.1208 | 180.1562 | 173.2405 | 173.2815 |
| 1.5 | 156.8485 | 156.8935 | 179.4585 | 179.482 | 165.9174 | 165.9624 | 181.1109 | 181.1465 |
| 2.0 | 174.2507 | 174.289 | 188.1081 | 188.1483 | 159.8330 | 159.8695 | 183.1419 | 183.1805 |
| 3.0 | 190.2248 | 190.2530 | 180.8468 | 180.8685 | 178.3800 | 178.4053 | 186.3478 | 186.3826 |
| 4.0 | 176.5620 | 176.5825 | 162.6316 | 162.6684 | 181.3291 | 181.3578 | 173.9147 | 173.9415 |

ACEITES Y GRASAS

Cuadro № 17. Pruebas de Harina de Semilla Integra para Aceites y Grasas

Cuadro № 18. Pruebas de Harina de Semilla Desengrasada para Aceites y Grasas

Cálculo de Aceites y Grasas: (2)

mg de aumento de – mg de peso de beaker
peso de beaker

| Ensayos Conc. Har. (g/100 mL) | 1er Ensayo | | 2º Ensayo | | 3er Ensayo | | 4º Ensayo | |
|-------------------------------------|-------------------------|------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|-------------------------|---------------------------|
| | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) | Peso Beaker (g) | Pbeaker + Mx. (g) |
| 1.0 | 186.2007 | 186.2311 | 175.1554 | 175.1810 | 184.3014 | 184.3226 | 169.4376 | 169.4700 |
| 1.5 | 168.7561 | 168.7843 | 173.5510 | 173.5510 | 188.2132 | 188.2368 | 191.2323 | 191.2510 |
| 2.0 | 176.8126 | 176.8356 | 169.8943 | 169.9086 | 178.6237 | 178.6433 | 181.7515 | 181.7334 |
| 3.0 | 188.2379 | 188.2379 | 175.8157 | 175.8369 | 177.2498 | 177.2618 | 189.1364 | 189.1524 |
| 4.0 | 182.2920 | 182.3024g | 176.2513 | 176.2685 | 190.0095 | 190.1048 | 172.8961 | 172.9087 |

$$\text{mg/L de aceites y grasas} = \frac{\text{Volumen de muestra}}{\text{Volumen de muestra}}$$

Ejemplo de Cálculo de Aceites y Grasas con Harina de Semilla Integra:

Datos:

Peso de beaker de 400 mL = 164.8685 g

Peso de beaker de 400 mL + Residuo = 164.9085 g

$$164.8685 \text{ g} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1.0 \text{ g}} = 164868.5 \text{ mg}$$

$$164.9085 \text{ g} \times \frac{1000 \text{ mg}}{1.0 \text{ g}} = 164908.5 \text{ mg}$$

$$\text{mg/L de aceites y grasas} = \frac{164908.5 \text{ mg} - 164868.5 \text{ mg}}{1 \text{ Litro de muestra}}$$

$$\text{mg/L de aceites y grasas} = 40.0 \text{ mg/L}$$

Los datos correspondientes a los demás resultados se presentan en el cuadro

Nº 32.

Cuadro Nº 19. Resultados finales de los valores promedios de Aceites y

Grasas

| |
|--------------------------------|
| Agua residual cruda: 4124 mg/L |
|--------------------------------|

| Concentración de harina | Semilla íntegra | Semilla Desengrasada |
|-------------------------|-----------------|----------------------|
| 1.0 g/100 mL | 41.5 mg/L | 28.0 mg/L |
| 1.5 g/100 mL | 32.9 mg/L | 21.5 mg/L |
| 2.0 g/100 mL | 30.5 mg/L | 18.75 mg/L |
| 3.0 g/100 mL | 27.5 mg/L | 15.0 mg/L |
| 4.0 g/100 mL | 23.5 mg/L | 12.5 mg/L |

Parámetro permisible por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 (6):

30.0 mg/mL (6)

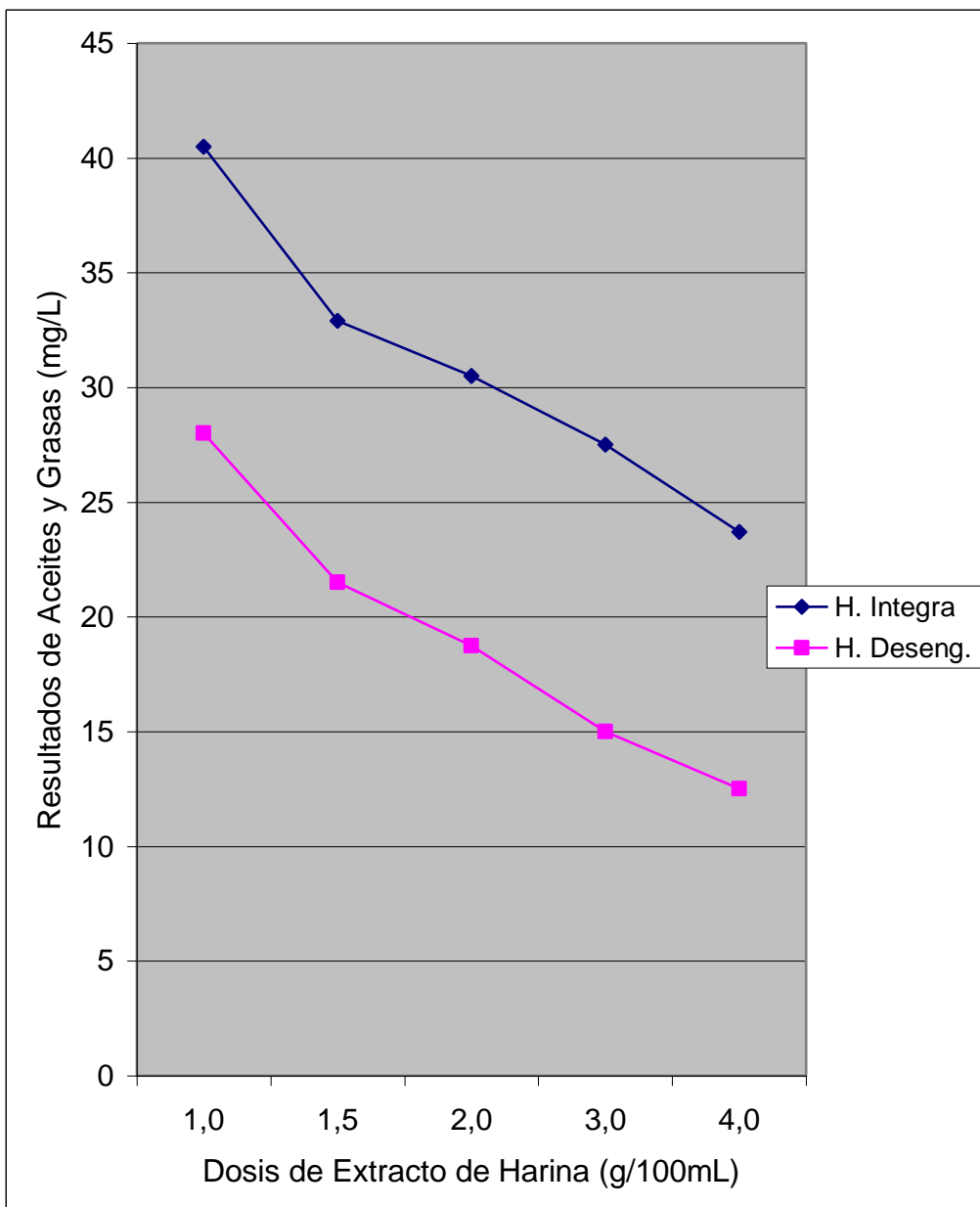


Fig.Nº 6. Grafico Aceites y Grasas

En los resultados anteriores se observa una amplia disminución en los índices de contaminación del agua residual por la acción floculante que ejerce el extracto acuoso de la harina de semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto).

5.4 Análisis Estadístico de los resultados.

El análisis realizado comprende al Análisis de Variancia de Dos Factores, planteado en el Capítulo IV. De los resultados obtenidos en cada uno de los cuatro ensayos realizados para cada una de las concentraciones y tipos de harina, se construyen los cuadros de resultados para cada uno de los parámetros físico químicos que determina la Norma Salvadoreña en Revisión Nº 13.07.03:00. Estos resultados son promediados y con los promedios se determinan los cuadrados, los cuales se suman y se obtiene el cuadro de totales de la suma de cuadrados. Con esta tabla se procede a determinar los cuadrados medios, las f calculadas, la interacción, el error y las hipótesis que se plantean para llegar a las conclusiones del análisis.

5.4.1. Análisis Estadístico de los resultados de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

Cuadro Nº 20. Resultados para el análisis estadístico de la Demanda Bioquímica de Oxígeno

| Concentraciones (A) | Tipos de Harina de Semilla (B) | |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Semilla Integra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 580 mg/mL | 520 mg/mL |
| | 550 mg/mL | 530 mg/mL |
| | 580 mg/mL | 530 mg/mL |
| | 580 mg/mL | 520 mg/mL |
| 1.5 g/100mL | 550 mg/mL | 530 mg/mL |
| | 560 mg/mL | 520 mg/mL |
| | 530 mg/mL | 530 mg/mL |
| | 520 mg/mL | 520 mg/mL |
| 2.0 g/100mL | 510 mg/mL | 380 mg/mL |
| | 520 mg/mL | 360 mg/mL |
| | 520 mg/mL | 380 mg/mL |
| | 530 mg/mL | 370 mg/mL |
| 3.0 g/100mL | 500 mg/mL | 340 mg/mL |
| | 490 mg/mL | 350 mg/mL |
| | 500 mg/mL | 350 mg/mL |
| | 490 mg/mL | 350 mg/mL |
| 4.0 g/100mL | 410 mg/mL | 190 mg/mL |
| | 380 mg/mL | 240 mg/mL |
| | 380 mg/mL | 260 mg/mL |
| | 380 mg/mL | 230 mg/mL |

Cuadro Nº 21. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de la DBO

| Concentraciones (A) | Tipos de Harinas de Semilla (B) | | Total |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|
| | Semilla Integ. | Semilla Deseng. | |
| 1.0 g/100 mL | 2290 | 2100 | 4390 |
| 1.5 g/100mL | 2160 | 2100 | 4260 |
| 2.0 g/100mL | 2080 | 1490 | 3570 |
| 3.0 g/100mL | 1980 | 1390 | 3370 |
| 4.0 g/100mL | 1550 | 920 | 2470 |
| Total | 10060 | 8000 | 18060 |
| $\sum X^2 = 8600200$ | | | |

Ejemplo de Análisis de Variancia de dos factores:

Suma de Cuadrados Totales (SST)

$$SST = \sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b \sum_{k=1}^n Y_{ijk}^2 - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

Donde: a = concentraciones de harina (a= 5) ; b = tipos de harina utilizada (b=2)

; n= número de ensayos realizados (n = 4)

$$\begin{aligned} SST &= 580^2 + 550^2 + \dots + 230^2 - \frac{18060^2}{40} \\ &= 8600200 - 815409 \\ &= 446110 \end{aligned}$$

Suma de Cuadrados para las concentraciones de harina utilizadas (SSA)

$$SSA = \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$\begin{aligned}
 SSA &= \frac{4390^2 + 4260^2 + 4570^2 + 3370^2 + 2470^2}{8} - \frac{18060^2}{40} \\
 &= 8452800 - 8154090 \\
 &= 298710
 \end{aligned}$$

Suma de Cuadrados para los tipos de harina utilizados (SSB)

$$SSB = \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$\begin{aligned}
 SSB &= \frac{10060^2 + 8000^2}{20} - \frac{18060^2}{40} \\
 &= 8260180 - 8154090 \\
 &= 106090
 \end{aligned}$$

Suma de Cuadrados para la interacción entre las concentraciones y el tipo de harina utilizado [SS (AB)]

$$SS(AB) = \frac{\sum_{i=1}^a \sum_{j=1}^b T_{ij}^2}{n} - \frac{\sum_{i=1}^a T_i^2}{bn} - \frac{\sum_{j=1}^b T_j^2}{an} - \frac{T^2 \dots}{abn}$$

$$\begin{aligned} SS(AB) &= \frac{2290^2 + 2160^2 + \dots + 920^2}{4} - 8452800 - 8260180 + 8154090 \\ &= 8594400 - 8452800 - 8260180 + 8154090 \\ &= 35510 \end{aligned}$$

Suma de Cuadrados del error (SSE)

$$SSE = SST - SSA - SSB - SS(AB)$$

$$\begin{aligned} SSE &= 446110 - 298710 - 106090 - 33510 \\ &= 5800 \end{aligned}$$

Cuadro No 22. Análisis de variancia para los datos del cuadro No 21

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | <i>f</i> calculada |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Concentraciones de H. de semilla | 298710 | 4 | 74677.5 | 386.26 |
| Tipos de Harina | 106090 | 1 | 106090 | 548.8 |
| Interacción | 35510 | 4 | 8877.5 | 45.9 |
| Error | 5800 | 30 | 193.3 | |
| Total | 446110 | 39 | | |

Siendo las hipótesis planteadas:

Ho' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes concentraciones de harina de Teberinto.

Ho'' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes tipos de harina de Teberinto.

Ho''' = No existe interacción entre las concentraciones y los tipos de harina utilizados.

f calculadas:

1. $f_1 = 386.26$
2. $f_2 = 548.75$
3. $f_3 = 45.91$

Regiones críticas según tablas (ver anexo 12):

1. $f_1 = 2.69$
2. $f_2 = 4.17$
3. $f_3 = 2.69$

Si $f_{calculada} > f_{tablas}$ la hipótesis se rechaza, por lo que:

1. $f_1 > 2.69$ que indica que se rechaza H_0' , es decir que existe una influencia del efecto de las distintas concentraciones de harina usadas en los ensayos sobre el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). Según lo observado en los resultados del análisis estadístico y en la figura Nº 2, a medida aumentan las concentraciones de harina, disminuye la carga contaminante de las aguas tratadas en el parámetro de la Demanda Bioquímica de Oxígeno.
2. $f_2 > 4.17$ que indica que H_0'' se rechaza, existe entonces diferencia en el comportamiento de la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) al ensayar con dos tipos de harina: íntegra y desengrasada. Se disminuye la carga contaminante del agua, según lo observado en la figura Nº2, obteniéndose mejores resultados con la harina desengrasada.

3. $f_3 > 2.69$, por lo que se rechaza H_0''' , habiendo entonces una interacción significativa entre el efecto de la concentración y el efecto del tipo de harina utilizado, en la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

5.4.2. Análisis Estadístico de los resultados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Cuadro Nº 23. Resultados para el análisis estadístico de la Demanda Química de Oxígeno

| Concentraciones (A) | Tipos de Harina de Semilla (B) | |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Semilla Integra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 1384 mg/mL | 1352 mg/mL |
| | 1388 mg/mL | 1356 mg/mL |
| | 1384 mg/mL | 1356 mg/mL |
| | 1380 mg/mL | 1352 mg/mL |
| 1.5 g/100mL | 1376 mg/mL | 1340 mg/mL |
| | 1380 mg/mL | 1340 mg/mL |
| | 1380 mg/mL | 1340 mg/mL |
| | 1384 mg/mL | 1340 mg/mL |
| 2.0 g/100mL | 1364 mg/mL | 1332 mg/mL |
| | 1364 mg/mL | 1336 mg/mL |
| | 1368 mg/mL | 1328 mg/mL |
| | 1360 mg/mL | 1332 mg/mL |
| 3.0 g/100mL | 1360 mg/mL | 1336 mg/mL |
| | 1360 mg/mL | 1328 mg/mL |
| | 1360 mg/mL | 1328 mg/mL |
| | 1360 mg/mL | 1336 mg/mL |
| 4.0 g/100mL | 1352 mg/mL | 1328 mg/mL |
| | 1348 mg/mL | 1332 mg/mL |
| | 1356 mg/mL | 1328 mg/mL |
| | 1352 mg/mL | 1324 mg/mL |

Cuadro Nº 24. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de la DQO

| Concentraciones (A) | Tipos de Harinas de Semilla (B) | | Total |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|
| | Semilla Integ. | Semilla Deseng. | |
| 1.0 g/100 mL | 5536 | 5416 | 10952 |
| 1.5 g/100mL | 5520 | 5360 | 10880 |
| 2.0 g/100mL | 5456 | 5328 | 10784 |
| 3.0 g/100mL | 5440 | 5328 | 10768 |
| 4.0 g/100mL | 5408 | 5312 | 1720 |
| Total | 27360 | 26744 | 54104 |
| $\sum X^2 = 75012592$ | | | |

Cuadro Nº 25. Análisis de variancia para los datos de la tabla Nº 24

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | <i>f</i> calculada |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Concentraciones de H. de semilla | 4377.6 | 4 | 1094.4 | 0.018 |
| Tipos de Harina | 9486.4 | 1 | 9486.4 | 0.15 |
| Interacción | 281.6 | 4 | 70.4 | 0.001 |
| Error | 1817376 | 30 | 60579.2 | |
| Total | 1831521.6 | 39 | | |

Siendo las hipótesis planteadas:

H_0' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes concentraciones de harina de Teberinto.

H_0'' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes tipos de harina de Teberinto.

H_0''' = No existe interacción entre las concentraciones y los tipos de harina utilizados.

f calculadas:

1. $f_1 = 0.018$
2. $f_2 = 0.15$
3. $f_3 = 0.001$

Regiones críticas según tablas (ver anexo 12):

1. $f_1 = 2.69$
2. $f_2 = 4.17$
3. $f_3 = 2.69$

Si $f_{calculada} > f_{tablas}$ la hipótesis se rechaza, por lo que:

1. $f_1 < 2.69$ que indica que se acepta H_0' , es decir que las distintas concentraciones de harina usadas en los ensayos no ejercen influencia significativa en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). Según lo observado en la figura Nº 3, a medida aumentan las concentraciones de harina, disminuye la carga contaminante de las

aguas tratadas en el parámetro de la Demanda Química de Oxígeno, pero el análisis estadístico demuestra que esta influencia no es en realidad determinante a un nivel de significancia de 0.05. A pesar de ello, si es observable una disminución en los niveles de contaminación para la DQO.

2. $f_2 < 4.17$ que indica que H_0'' se acepta, no hay diferencia en el comportamiento de la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto). La diferencia es observable en la fig. №3, pero al desarrollar el análisis estadístico se comprueba que no hay una variación significativa en la acción floculante de ambos tipos de harina.
3. $f_3 < 2.69$, se acepta H_0''' , y se dice que existe una interacción insignificante entre el efecto de la concentración y el efecto del tipo de harina utilizado, en la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

5.4.3. Análisis Estadístico de los resultados de Sólidos Totales

Cuadro № 26. Resultados para el análisis estadístico de Sólidos Totales

| Concentraciones (A) | Tipos de Harina de Semilla (B) | |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Semilla Integra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 1760 mg/mL | 1400 mg/mL |
| | 1750 mg/mL | 1390 mg/mL |
| | 1760 mg/mL | 1386 mg/mL |
| | 1780 mg/mL | 1394 mg/mL |
| 1.5 g/100mL | 1690 mg/mL | 1370 mg/mL |
| | 1700 mg/mL | 1360 mg/mL |
| | 1686 mg/mL | 1370 mg/mL |
| | 1670 mg/mL | 1380 mg/mL |
| 2.0 g/100mL | 1580 mg/mL | 1180 mg/mL |
| | 1570 mg/mL | 1170 mg/mL |
| | 1590 mg/mL | 1190 mg/mL |
| | 1580 mg/mL | 1180 mg/mL |
| 3.0 g/100mL | 1350 mg/mL | 990 mg/mL |
| | 1374 mg/mL | 970 mg/mL |
| | 1346 mg/mL | 980 mg/mL |
| | 1340 mg/mL | 980 mg/mL |
| 4.0 g/100mL | 1150 mg/mL | 860 mg/mL |
| | 1180 mg/mL | 820 mg/mL |
| | 1154 mg/mL | 830 mg/mL |
| | 1140 mg/mL | 850 mg/mL |

Cuadro Nº 27. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de Sólidos Totales

| Concentraciones (A) | Tipos de Harinas de Semilla (B) | | Total |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|
| | Semilla Integ. | Semilla Deseng. | |
| 1.0 g/100 mL | 7050 | 5570 | 12620 |
| 1.5 g/100mL | 6746 | 5480 | 12226 |
| 2.0 g/100mL | 6320 | 4720 | 11040 |
| 3.0 g/100mL | 5410 | 3920 | 9330 |
| 4.0 g/100mL | 4624 | 3360 | 7984 |
| Total | 30150 | 23050 | 53200 |
| $\sum X^2 = 73952536$ | | | |

Cuadro Nº 28. Análisis de variancia para los datos de la tabla Nº 27

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | <i>f</i> calculada |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Concentraciones de H. de semilla | 1920779 | 4 | 480194.75 | 3283.15 |
| Tipos de Harina | 1260250 | 1 | 1260250 | 1861.82 |
| Interacción | 11119 | 4 | 2779.75 | 19.0 |
| Error | 4388 | 30 | 146.27 | |
| Total | | 39 | | |

Siendo las hipótesis planteadas:

H_0' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes concentraciones de harina de Teberinto.

H_0'' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes tipos de harina de Teberinto.

H_0''' = No existe interacción entre las concentraciones y los tipos de harina utilizados.

f calculadas:

1. $f_1 = 3283.15$
2. $f_2 = 8615.9$
3. $f_3 = 19.0$

Regiones críticas según tablas (ver anexo 12):

1. $f_1 = 2.69$
2. $f_2 = 4.17$
3. $f_3 = 2.69$

Si $f_{calculada} > f_{tablas}$ la hipótesis se rechaza, por lo que:

1. $f_1 > 2.69$, se rechaza H_0' , existe una influencia significativa del efecto de las distintas concentraciones de harina usadas en los ensayos sobre el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), a medida aumentan las concentraciones de harina, disminuye la cantidad de

Sólidos Totales presentes en el agua residual, tal y como se puede observar en la figura N°4.

2. $f_2 > 4.17$, H_0'' se rechaza, existe diferencia significativa en el comportamiento de la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) al ensayar con dos tipos de harina: íntegra y desengrasada. Se disminuye la cantidad de sólidos totales presentes en el agua residual, según lo observado en la figura N°4 obteniéndose mejores resultados con la harina desengrasada.

3. $f_3 > 2.69$ se rechaza H_0''' , lo que indica entonces que no hay una interacción significativa entre el efecto de la concentración y el efecto del tipo de harina utilizado, en la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) para el parámetro de Sólidos Totales.

5.4.4. Análisis estadístico de los resultados de Sólidos Sedimentables

Cuadro Nº 29. Resultados para el análisis estadístico de Sólidos Sedimentables

| Concentraciones (A) | Tipos de Harina de Semilla (B) | |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Semilla Intgra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 4.2 mL/L | 4.3 mL/L |
| | 3.8 mL/L | 2.9 mL/L |
| | 4.5 mL/L | 3.4 mL/L |
| | 4.3 mL/L | 3.4 mL/L |
| 1.5 g/100mL | 3.8 mL/L | 2.7 mL/L |
| | 3.4 mL/L | 1.9 mL/L |
| | 2.6 ml/L | 2.2 mL/L |
| | 3.0 mL/L | 2.4 mL/L |
| 2.0 g/100mL | 2.9 mL/L | 1.4 mL/L |
| | 3.2 mL/L | 1.6 mL/L |
| | 2.6 mL/L | 2.1 mL/L |
| | 2.5 mL/L | 1.3 mL/L |
| 3.0 g/100mL | 2.2 mL/L | 1.0 ml/L |
| | 1.8 mL/L | 1.1 mL/L |
| | 1.6 mL/L | 1.0 mL/L |
| | 2.4 mL/L | 1.0 mL/L |
| 4.0 g/100mL | 1.2 mL/L | 1.1 mL/L |
| | 2.0 ml/L | 1.0 mL/L |
| | 1.7 mL/L | 1.0 mL/L |
| | 1.0 mL/L | 1.0 mL/L |

Cuadro Nº 30. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de Sólidos Sedimentables

| Concentraciones (A) | Tipos de Harinas de Semilla (B) | | Total |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|-------|
| | Semilla Integ. | Semilla Deseng. | |
| 1.0 g/100 mL | 16.8 | 14 | 30.8 |
| 1.5 g/100mL | 12.8 | 9.2 | 22 |
| 2.0 g/100mL | 11.2 | 6.4 | 17.6 |
| 3.0 g/100mL | 8 | 4.1 | 12.1 |
| 4.0 g/100mL | 6 | 4.1 | 10.1 |
| Total | 54.8 | 37.8 | 92.6 |
| $\sum X^2 = 260.78$ | | | |

Cuadro Nº 31. Análisis de variancia para los datos de la tabla Nº 30

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | <i>f</i> calculada |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Concentraciones de H. de semilla | 34.4835 | 4 | 8.62 | 63.15 |
| Tipos de Harina | 7.225 | 1 | 7.225 | 52.93 |
| Interacción | 7.225 | 4 | 0.1518 | 1.11 |
| Error | 0.6075 | 30 | 0.1365 | |
| | 4.095 | | | |
| Total | 46.411 | 39 | | |

Siendo las hipótesis planteadas:

H_0' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes concentraciones de harina de Teberinto.

H_0'' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes tipos de harina de Teberinto.

H_0''' = No existe interacción entre las concentraciones y los tipos de harina utilizados.

f calculadas:

1. $f_1 = 63.15$
2. $f_2 = 52.93$
3. $f_3 = 1.11$

Regiones críticas según tablas (ver anexo 12):

1. $f_1 = 2.69$
2. $f_2 = 4.17$
3. $f_3 = 2.69$

Si $f_{calculada} > f_{tablas}$ la hipótesis se rechaza, por lo que:

1. $f_1 > 2.69$ H_0' se rechaza, indicando que el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) es influenciado por la concentración de harina utilizada. Según lo observado en los resultados del análisis estadístico y en la figura Nº 5, a medida aumentan las concentraciones

de harina, disminuye la cantidad de Sólidos Sedimentables en las aguas tratadas.

2. $f_2 > 4.17$ H_0'' se rechaza, existiendo diferencia en el comportamiento de la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) al ensayar con dos tipos de harina: íntegra y desengrasada. Se disminuye la cantidad de Sólidos Sedimentables en el agua, según lo observado en la figura Nº 5, obteniéndose mejores resultados con la harina desengrasada.
3. $f_3 < 2.69$, se acepta H_0''' , existe entonces una interacción insignificante entre el efecto de la concentración y el efecto del tipo de harina utilizado, en la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

5.4.5. Análisis estadístico de resultados de Aceites y Grasas

Cuadro Nº 32. Resultados para el análisis estadístico de Aceites y Grasas

| Concentraciones (A) | Tipos de Harina de Semilla (B) | |
|------------------------|--------------------------------|----------------------|
| | Semilla Intgra | Semilla Desengrasada |
| 1.0 g/100 mL | 46.0 mg/mL | 30.4 mg/mL |
| | 43.0 mg/mL | 25.6 mg/mL |
| | 39.4 mg/mL | 31.2 mg/mL |
| | 43.0 mg/mL | 32.4 mg/mL |
| 1.5 g/100mL | 41.0 mg/mL | 28.2 mg/mL |
| | 33.5 mg/mL | 25.7 mg/mL |
| | 37.0 mg/mL | 23.6 mg/mL |
| | 36.6 mg/mL | 23.2 mg/mL |
| 2.0 g/100mL | 38.3 mg/mL | 22.0 mg/mL |
| | 30.2 mg/mL | 19.7 mg/mL |
| | 31.5 mg/mL | 19.6 mg/mL |
| | 31.6 mg/mL | 18.1 mg/mL |
| 3.0 g/100mL | 28.2 mg/mL | 15.8 mg/mL |
| | 24.7 mg/mL | 15.2 mg/mL |
| | 25.3 mg/mL | 15.1 mg/mL |
| | 27.8 mg/mL | 14.9 mg/mL |
| 4.0 g/100mL | 20.5 mg/mL | 10.4 mg/mL |
| | 19.5 mg/mL | 10.2 mg/mL |
| | 20.7 mg/mL | 9.8 mg/mL |
| | 24.8 mg/mL | 10.6 mg/mL |

Cuadro № 33. Tabla de totales para la suma de cuadrados para determinar la variancia de Aceites y Grasas

| Concentraciones (A) | Tipos de Harinas de Semilla (B) | | Total |
|------------------------|---------------------------------|-----------------|--------|
| | Semilla Integ. | Semilla Deseng. | |
| 1.0 g/100 mL | 171.4 | 119.6 | 291 |
| 1.5 g/100mL | 148.1 | 100.7 | 248.8 |
| 2.0 g/100mL | 131.6 | 79.4 | 211 |
| 3.0 g/100mL | 106.0 | 61.0 | 167 |
| 4.0 g/100mL | 85.5 | 41.0 | 126.5 |
| Total | 642.6 | 401.7 | 1044.3 |
| $\sum X^2 = 30999.01$ | | | |

Cuadro № 34. Análisis de variancia para los datos de la tabla № 33

| Fuente de Variación | Suma de cuadrados | Grados de Libertad | Cuadrado medio | <i>f</i> calculada |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|--------------------|
| Concentraciones de H. de semilla | 2110.27 | 4 | 527.56 | 94.71 |
| Tipos de Harina | 1450.82 | 1 | 1450.82 | 260.47 |
| Interacción | 6.69 | 4 | 1.67 | 0.29 |
| Error | 167.17 | 30 | 5.57 | |
| Total | 3734.95 | 39 | | |

Siendo las hipótesis planteadas:

H_0' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes concentraciones de harina de Teberinto.

H_0'' = No existe diferencia en el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), cuando se utilizan diferentes tipos de harina de Teberinto.

H_0''' = No existe interacción entre las concentraciones y los tipos de harina utilizados.

f calculadas:

1. $f_1 = 94.71$
2. $f_2 = 260.47$
3. $f_3 = 0.29$

Regiones críticas según tablas (ver anexo 12):

1. $f_1 = 2.69$
2. $f_2 = 4.17$
3. $f_3 = 2.69$

Si $f_{calculada} > f_{tablas}$ la hipótesis se rechaza, por lo que:

1. $f_1 > 2.69$ se rechaza H_0' , y se dice que existe una influencia del efecto de las distintas concentraciones de harina usadas en los ensayos sobre el efecto floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

La figura N°6, demuestra que a medida aumentan las concentraciones de harina, disminuye la carga de Aceites y Grasas de las aguas tratadas.

2. $f_2 > 4.17$ H_0'' se rechaza, existe diferencia en el comportamiento de la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) al ensayar con dos tipos de harina: íntegra y desengrasada. La figura №6 demuestra que el uso de harina desengrasada en el tratamiento de agua residual ayuda a disminuir la carga de Aceites y Grasas que ésta posee.

3. $f_3 < 0.29$, por lo que se acepta H_0''' , indicando una interacción insignificante entre el efecto de la concentración y el efecto del tipo de harina utilizado, en la acción floculante de la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto).

CAPITULO VI
CONCLUSIONES

6. CONCLUSIONES

1. De los cinco parámetros analizados, los sólidos sedimentables y aceites y grasas cumplen con lo requerido por la Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00 Aguas residuales descargadas a un cuerpo Receptor (6), los índices de contaminación para cada parámetro se ven reducidos en un rango del 75% al 99.7%.
2. La harina desengrasada actúa de manera más eficaz para disminuir la DBO a la concentración de 4.0 g/ 100mL ya que existe un mejor efecto que con la harina íntegra.
3. La DQO no muestra diferencia significativa en los resultados con respecto a los tipos de harina utilizados en el tratamiento
4. A una concentración de 4.0 g/100 mL la harina desengrasada tiene un mejor efecto floculante en los sólidos totales que la harina íntegra.
5. Los sólidos sedimentables presentan mayor disminución respecto a los demás parámetros al utilizar los dos tipos de harina de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) siendo ésta más efectiva para tratar aguas que presenten

sólidos de densidades altas cuándo se utiliza una concentración de 4.0 g/100 mL.

6. Los aceites y grasas es el parámetro con mayor disminución luego de el tratamiento del agua residual cruda, por lo que se concluye que los dos tipos de harina de ***Moringa oleifera*** (Teberinto) actúan de manera más eficaz en aguas que poseen aceites y grasas emulsificadas en su carga contaminante ejerciendo mejor efecto al usar la concentración de 4.0 g/100 mL
7. La comparación entre los resultados obtenidos con el agua residual cruda y el agua residual tratada demuestran que el extracto acuoso de la harina de semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), disminuye considerablemente el grado de contaminación que ésta presenta, pero no brinda la eficacia requerida para el cumplimiento de todos los parámetros de la normativa.
8. La eliminación del aceite que contiene la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), presenta una diferencia significativa en la acción floculante que ejerce en el agua residual cruda y en la disminución de la cantidad de contaminantes en cuatro de los cinco parámetros analizados según el estudio estadístico al ser comparada con la acción de la harina íntegra.

9. La harina desengrasada actúa de manera más eficaz en el tratamiento de aguas residuales que la harina íntegra.

10. Al analizar la interacción entre las concentraciones y el tipo de harina, se concluye que el tratamiento ideal de un agua residual, a nivel de laboratorio, es en el que se emplea una concentración de 4.0 g de harina en 100 mL de agua destilada, utilizando harina desengrasada, para tratar un litro de agua residual.

CAPITULO VII
RECOMENDACIONES

7. RECOMENDACIONES

1. Realizar ensayos de el proceso efectuado en el laboratorio a nivel industrial, para determinar la factibilidad real de usar ésta harina para fines de tratamiento periódico de las aguas residuales.
2. Que el tratamiento deberá realizarse a las aguas provenientes del lavado de los reactores en donde se producen los adhesivos.
3. Realizar un reproceso de éstas aguas luego de ser pasadas a través del filtro utilizado en la industria con el fin de establecer si se obtiene un agua de mejor calidad.
4. Incentivar el cultivo de la ***Moringa oleifera*** (Teberinto), no sólo por la capacidad de depurar aguas residuales que posee su semilla, sino que también por la cantidad de nutrientes que ésta posee, por los numerosos usos que se le dan a la planta alrededor del mundo y por los beneficios al área rural que representaría un cultivo a gran escala de la ***Moringa oleifera*** (Teberinto).
5. Realizar en un futuro un estudio comparativo entre el sulfato de aluminio y la semilla de ***Moringa oleifera*** (Teberinto), para determinar si el tratamiento con ***Moringa oleifera*** (Teberinto) es viable en el país.

BIBLIOGRAFIA

1. AOAC. Métodos de Análisis de la Asociación Oficial de Químicos Analíticos, 20ª Edición, Washington, 1975, pág. 610-611.
2. APHA. Métodos Estándar para el Examen de Aguas y Aguas de Desecho, 11ª Edición, 1963, México D.F., pág. 38 -39.
3. Camacho, R. y otros. Aguas Salvadoreñas: Capital de Trabajo para la Nación, Proyecto Protección del Medio Ambiente, San Salvador, 1998, pág. 15 -33.
4. Choto Granados, L. M. " Extracción del Aceite de Semilla de Soya y su aplicación en la formulación de un tratamiento capilar ", Trabajo de Graduación Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, 1993, pág. 26-27.
5. CONACYT, (Concejo Nacional de Ciencia y Tecnología), Norma Salvadoreña en Revisión 13.07.03:00, Aguas Residuales Descargadas a un Cuerpo Receptor. El Salvador.
6. Departamento de Sanidad del Estado de New York, Manual de Tratamiento de Aguas, Albany, Dirección de Saneamiento del Medio Ambiente y Oficina de Entrenamiento Profesional, 18ª Edición, Editorial LIMUSA S.A. de C.V., 2000, pág. 86 -92
7. Falcón, C. Manual de Tratamiento de Aguas Residuales, 13ª Edición, Editorial LIMUSA, México, 1995, pág. 43
8. L. Germosen, Farmacopea Vegetal Caribeña, 1996, pág. 221- 224.

9. Girón, O. 2003, " Semillas que Purifican el Agua ", El Diario de Hoy, San Salvador, El Salv., marzo 2, pág. 3 – 5.
10. Hernández Cienfuegos, C. R. "Evaluación de las Características Antimicrobianas de Teberinto (*Moringa oleifera*) para el Tratamiento de Aguas de Ríos ", Trabajo de Graduación Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, 1997
11. Ministerio del Medio Ambiente y Recursos Naturales. Informe Nacional del Estado del Medio Ambiente, 1ª Edición, San Salvador, 2000.
12. Polio Martínez, M. C. " Estudio Comparativo del Efecto Floculante del Quitosano y Sulfato de Aluminio en el Tratamiento de Aguas Residuales Procedentes de la Industria Farmacéutica y Láctea ", Trabajo de Graduación Facultad de Química y Farmacia, Universidad de El Salvador, 2003.
13. Raymond H. Myers, R. W. " Probabilidad y Estadística ", Cuarta edición por McGraw-Hill Interamericana de Mexico S.A. de C.V. 1992, pág.563
14. Tchobanoglous, G. Tratamiento de Aguas Residuales en Pequeñas Poblaciones, 1ª Edición, Editorial Mc Graw- Hill Interamericana, Colombia, 2000, pág. 33, 48, 57, 241.
15. http://www.cepis.ops_oms.org/eswww/caliagua/evaldeca.html.
16. <http://www.portalasamericas.com.mx/agua/portaleducativo/segura.html>.
17. <http://www.servi.forestal.nac/>
18. <http://www.winrock.org/forestry/factnet.htm>

ANEXOS

ANEXO Nº 1

Cuadro Nº 35. Parámetros y valores permisibles para aguas residuales
descargadas a un cuerpo receptor de la Industria Química de
Adhesivos.

| PARÁMETROS | UNIDADES | VALORES MÁXIMOS PERMISIBLES |
|---------------------------------|----------|-----------------------------------|
| DBO a 20°C (Aguas Industriales) | mg/L | 250.0 |
| DQO (Aguas Industriales) | mg/L | 500.0 |
| Sólidos totales | mg/L | 100.0 |
| Sólidos Sedimentables | mL/L | 15.0 |
| Aceites y Grasas | mg/L | 30.0 |

Fuente: "Aguas. Aguas Residuales Descargadas a un cuerpo receptor"

Norma Salvadoreña en Revisión NSR 13.07.03:00 (CONACYT).

ANEXO Nº 2

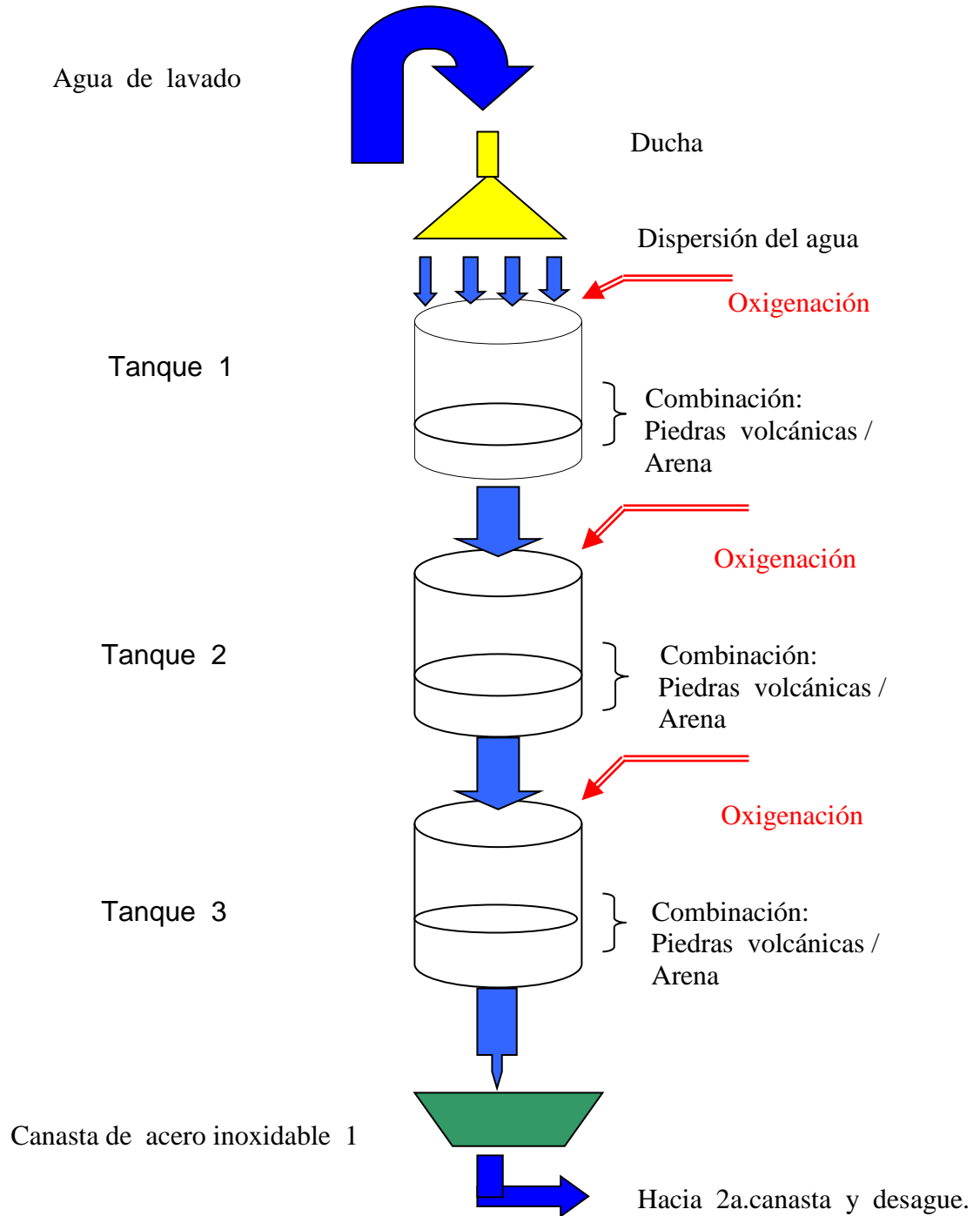


Fig. Nº 7. Esquema de filtro usado en la Industria

ANEXO Nº 3

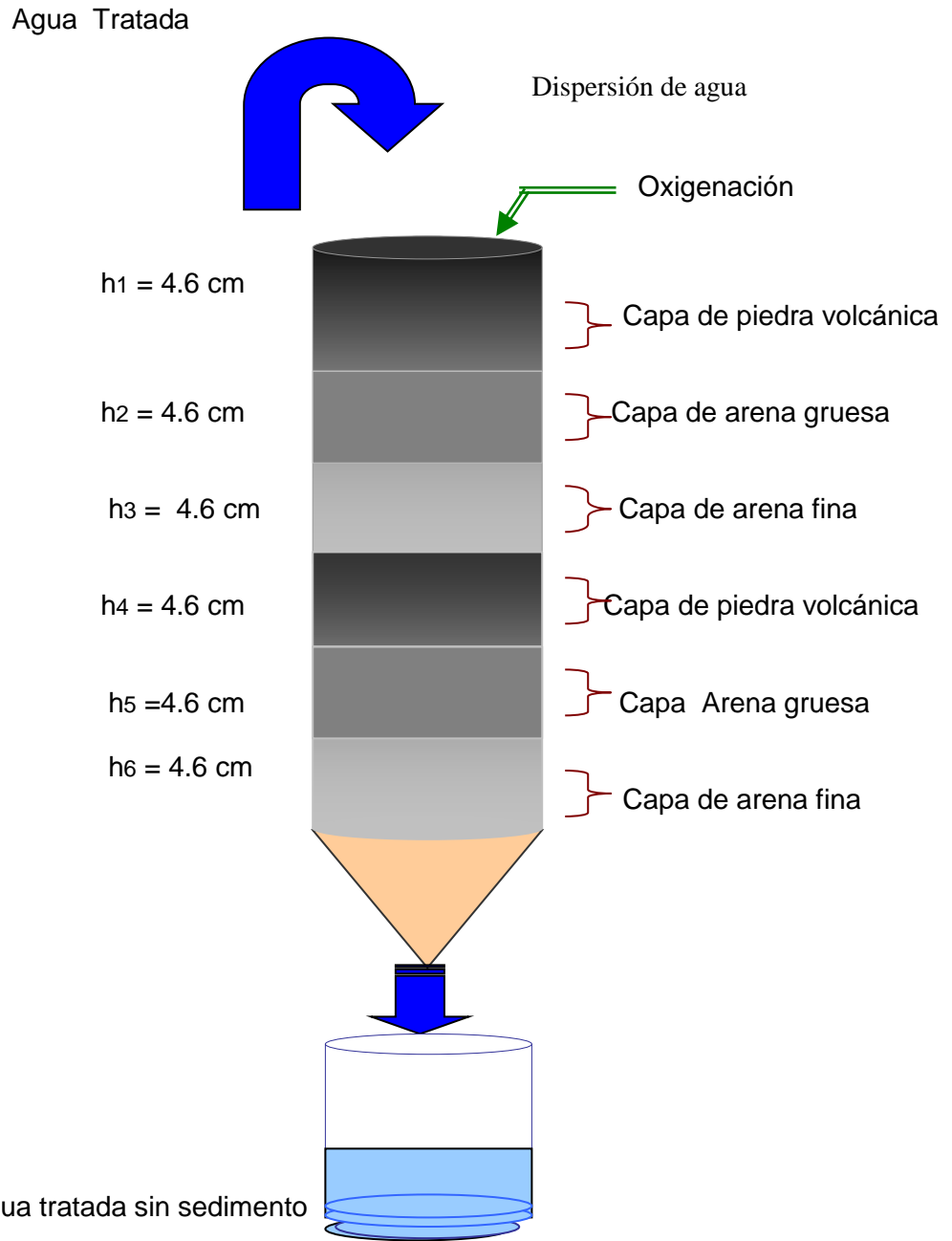


Fig. Nº 8. Esquema de filtro utilizado para retener sedimento del tratamiento de las aguas

ANEXO № 4



Fig. № 9. Planta de *Moringa oleifera* (Teberinto)

ANEXO № 5

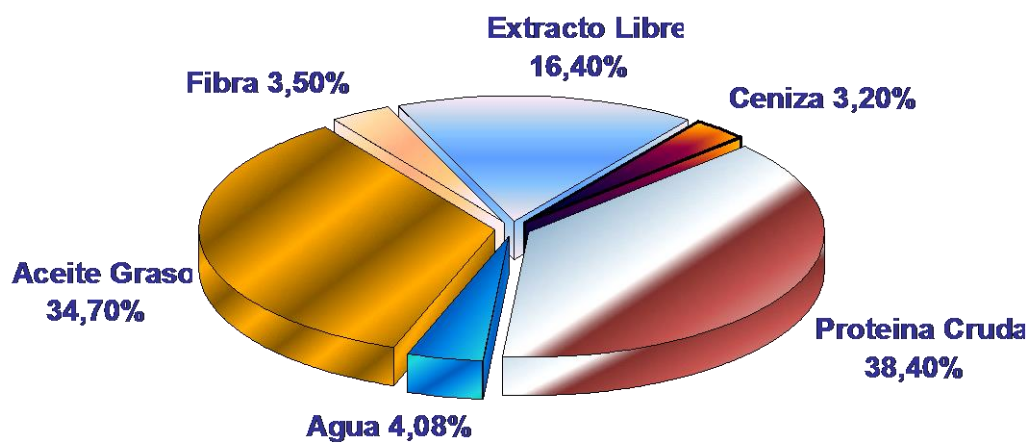


Fig.№ 10. Composición de la semilla de *Moringa oleifera* (Teberinto).

ANEXO № 6

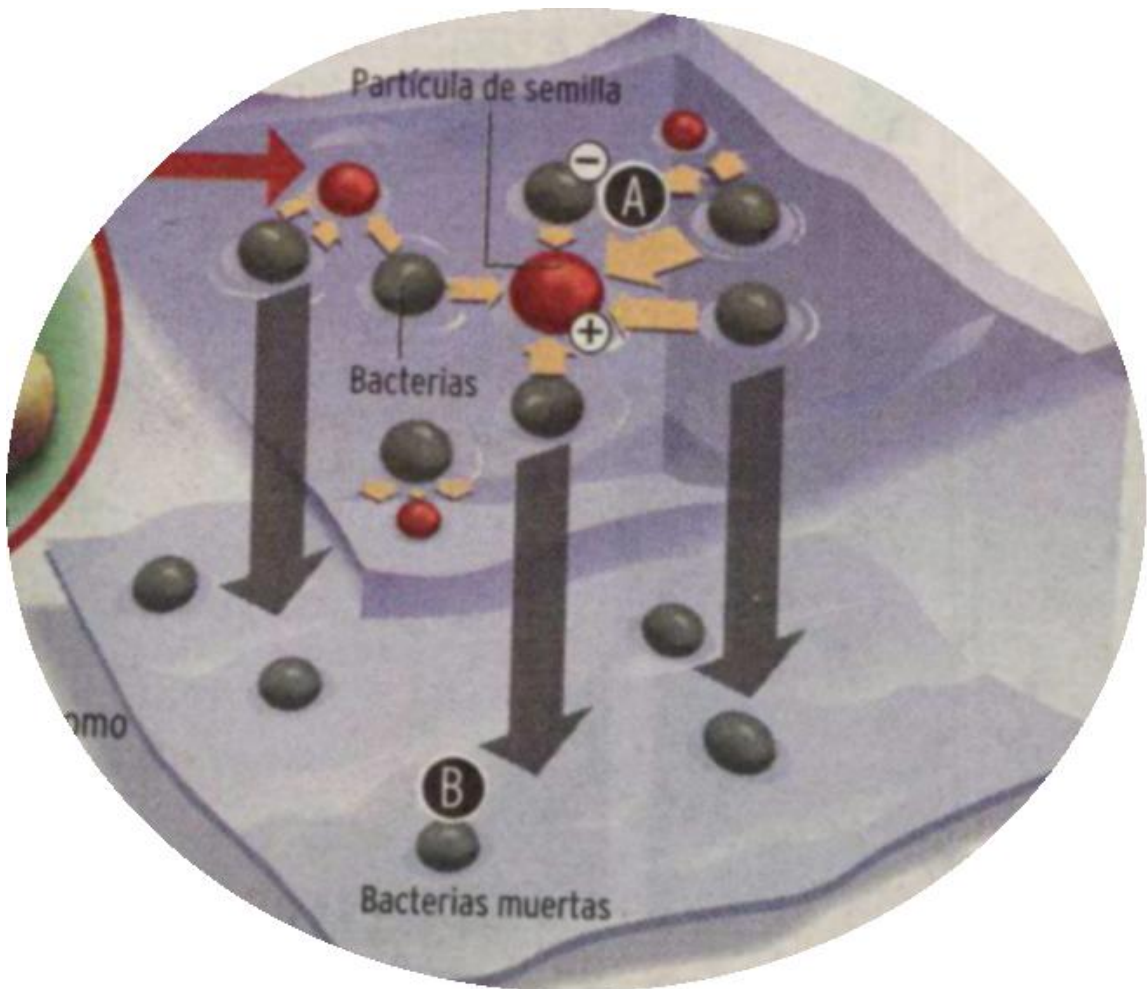


Fig. № 11. Mecanismo de Acción del Extracto de Semilla de Teberinto

ANEXO N° 7

Proceso de extracción de grasa a la semilla de Teberinto.

METODO SOXHLET

Solvente a usar: hexano

Material y equipo:

Aparato soxhlet

Hotplate

Procedimiento:

- Pesar 40 gramos de la harina y colocarla en el Equipo Soxhlet.
- Cubrir la muestra con 200 mL del solvente a utilizar.
- Reflujar por cerca de tres horas evitando excesivo calentamiento.
- Retirar la muestra finalizado el proceso

ANEXO N° 8

Material y Equipo para realizar la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)

Material y equipo:

Botellas de incubación de DBO de 300 mL

Bureta de 50 mL

Pipetas volumétricas de 1.0 mL, 2.0mL, 3.0 mL y 5.0 mL

Soporte y pinza para bureta

Erlenmeyers de 250 mL

Beakers de 10 L y 100 mL

Reactivos

Buffer fosfato

Solución de Sulfato de Magnesio

Solución de Cloruro Férrico

Ácido Sulfúrico concentrado

Tiosulfato de sodio 0.025 N

Solución de Azida

Solución de Almidón

ANEXO N° 9

Material y Equipo para realizar la Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Material y equipo

Pipetas volumétricas de 5 mL, 10 mL, 20 mL y 25 mL

Erlenmeyers de 250 mL

Bureta de 50 mL

Soporte y pinza para bureta

Aparato de reflujo

Reactivos

Sulfato de Mercurio

Ácido Sulfúrico concentrado

Dicromato de Potasio 0.250 N

Sulfato amónico ferroso 0.1N

Ferroína

ANEXO Nº 10

Material y equipo para realizar los Sólidos Totales

Cápsulas de porcelana

Balanza analítica

Estufa

Baño de vapor

Probeta 100.0 mL

Pinzas

Desecador con sílica activada

ANEXO Nº 11

Material y equipo para realizar los Aceites y Grasas

Material y Equipo

Beaker de 400.0 mL

Ampolla de separación de 1000.0 mL

Probeta de 1000.0 mL

Probeta de 50.0 mL

Estufa

Desecador con sílica activada

Pinzas

Reactivos

Acido Sulfúrico concentrado

Eter de petróleo

ANEXO Nº 12

TABLA ESTADISTICA DE VALORES DE F 0.05

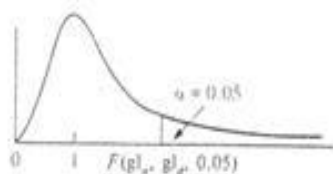


Tabla 8a
Valores críticos de la
distribución F ($\alpha = 0.05$)

| | | Grados de libertad para el numerador | | | | | | | | | |
|--|------|--------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| Grados de libertad para el denominador | 1 | 161 | 200 | 216 | 225 | 230 | 234 | 237 | 239 | 241 | 242 |
| | 2 | 18.5 | 19.0 | 19.2 | 19.2 | 19.3 | 19.3 | 19.4 | 19.4 | 19.4 | 19.4 |
| | 3 | 10.1 | 9.55 | 9.28 | 9.12 | 9.01 | 8.94 | 8.89 | 8.85 | 8.81 | 8.79 |
| | 4 | 7.71 | 6.94 | 6.59 | 6.39 | 6.26 | 6.16 | 6.09 | 6.04 | 6.00 | 5.96 |
| | 5 | 6.61 | 5.79 | 5.41 | 5.19 | 5.05 | 4.95 | 4.88 | 4.82 | 4.77 | 4.74 |
| | 6 | 5.99 | 5.14 | 4.76 | 4.53 | 4.39 | 4.28 | 4.21 | 4.15 | 4.10 | 4.06 |
| | 7 | 5.59 | 4.74 | 4.35 | 4.12 | 3.97 | 3.87 | 3.79 | 3.73 | 3.68 | 3.64 |
| | 8 | 5.32 | 4.46 | 4.07 | 3.84 | 3.69 | 3.58 | 3.50 | 3.44 | 3.39 | 3.35 |
| | 9 | 5.12 | 4.26 | 3.86 | 3.63 | 3.48 | 3.37 | 3.29 | 3.23 | 3.18 | 3.14 |
| | 10 | 4.96 | 4.10 | 3.71 | 3.48 | 3.33 | 3.22 | 3.14 | 3.07 | 3.02 | 2.98 |
| | 11 | 4.84 | 3.98 | 3.59 | 3.36 | 3.20 | 3.09 | 3.01 | 2.95 | 2.90 | 2.85 |
| | 12 | 4.75 | 3.89 | 3.49 | 3.26 | 3.11 | 3.00 | 2.91 | 2.85 | 2.80 | 2.75 |
| | 13 | 4.67 | 3.81 | 3.41 | 3.18 | 3.03 | 2.92 | 2.83 | 2.77 | 2.71 | 2.67 |
| | 14 | 4.60 | 3.74 | 3.34 | 3.11 | 2.96 | 2.85 | 2.76 | 2.70 | 2.65 | 2.60 |
| | 15 | 4.54 | 3.68 | 3.29 | 3.06 | 2.90 | 2.79 | 2.71 | 2.64 | 2.59 | 2.54 |
| | 16 | 4.49 | 3.63 | 3.24 | 3.01 | 2.85 | 2.74 | 2.66 | 2.59 | 2.54 | 2.49 |
| | 17 | 4.45 | 3.59 | 3.20 | 2.96 | 2.81 | 2.70 | 2.61 | 2.55 | 2.49 | 2.45 |
| | 18 | 4.41 | 3.55 | 3.16 | 2.93 | 2.77 | 2.66 | 2.58 | 2.51 | 2.46 | 2.41 |
| | 19 | 4.38 | 3.52 | 3.13 | 2.90 | 2.74 | 2.63 | 2.54 | 2.48 | 2.42 | 2.38 |
| | 20 | 4.35 | 3.49 | 3.10 | 2.87 | 2.71 | 2.60 | 2.51 | 2.45 | 2.39 | 2.35 |
| | 21 | 4.32 | 3.47 | 3.07 | 2.84 | 2.68 | 2.57 | 2.49 | 2.42 | 2.37 | 2.32 |
| | 22 | 4.30 | 3.44 | 3.05 | 2.82 | 2.66 | 2.55 | 2.46 | 2.40 | 2.34 | 2.30 |
| | 23 | 4.28 | 3.42 | 3.03 | 2.80 | 2.64 | 2.53 | 2.44 | 2.37 | 2.32 | 2.27 |
| | 24 | 4.26 | 3.40 | 3.01 | 2.78 | 2.62 | 2.51 | 2.42 | 2.36 | 2.30 | 2.25 |
| | 25 | 4.24 | 3.39 | 2.99 | 2.76 | 2.60 | 2.49 | 2.40 | 2.34 | 2.28 | 2.24 |
| 30 | 4.17 | 3.32 | 2.92 | 2.69 | 2.53 | 2.42 | 2.33 | 2.27 | 2.21 | 2.16 | |
| 40 | 4.08 | 3.23 | 2.84 | 2.61 | 2.45 | 2.34 | 2.25 | 2.18 | 2.12 | 2.08 | |
| 60 | 4.00 | 3.15 | 2.76 | 2.53 | 2.37 | 2.25 | 2.17 | 2.10 | 2.04 | 1.99 | |
| 120 | 3.92 | 3.07 | 2.68 | 2.45 | 2.29 | 2.18 | 2.09 | 2.02 | 1.96 | 1.91 | |
| ∞ | 3.84 | 3.00 | 2.60 | 2.37 | 2.21 | 2.10 | 2.01 | 1.94 | 1.88 | 1.83 | |