

**“ESTUDIO DE LA
BIODEGRADACIÓN DE LOS
DETERGENTES COMERCIALES
DOMESTICOS DE NUESTRO PAÍS”**

CAPITULO 1.

INTRODUCCIÓN.

- 1.1 Objetivo General.**
- 1.2 Objetivos Particulares.**
- 1.3 Importancia.**
- 1.4 Resumen.**

CAPITULO 2.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DETERGENTES.

- 2.1 Generalidades.
- 2.2 Composición de los detergentes.
 - 2.2.1 Surfactantes.
 - 2.2.2 Sales. ácidos y bases orgánicas.
 - a) Alcalis.
 - b) Fosfatos.
 - c) Silicatos.
 - d) Sales neutras solubles.
 - e) Ácidos.
 - 2.2.3 Reforzadores orgánicos.
 - 2.2.4 Aditivos para fines especiales.
- 2.3 Tipos de detergentes.
 - a) Polvos.
 - b) Líquidos.
- 2.4 Efecto detergente de los tensoactivos.

- 2.4.1 Mecanismo de la Detergencia.
- 2.4.2 Determinación del poder detergente.
- 2.4.3 Composición de un detergente comercial.
- 2.5 Aspectos Físico-Químicos.
 - 2.5.1 Requisitos para los agentes secuestrantes.
- 2.6 Componentes Químicos.
 - 2.6.1 Detergente A.**
 - 2.6.2 Detergente B.**
 - 2.6.3 Detergente C.**
 - 2.6.4 Detergente D.**

CAPITULO 3.

BIODEGRADABILIDAD DE LOS DETERGENTES.

- 3.1 Generalidades.
- 3.2 Biodegradabilidad de los detergentes.
- 3.3 Determinación de la biodegradabilidad de los detergentes.
 - 3.3.1 Extracción de la materia orgánica.
 - 3.3.2 Determinación del contenido de jabón.
 - 3.3.3 Determinación del contenido de agentes activos aniónicos (detergentes).
 - 3.3.4 Demanda Química de Oxígeno (DQO).
 - a) Toma de muestras y almacenamiento.
 - b) Método del Reflujo abierto.
 - c) Instrumental.
 - d) Reactivos.
 - e) Procedimiento.
 - f) Procedimiento alternativo para las muestras con DQO bajo <math><50\text{mg O}_2/\text{lt}</math>.

- g) Determinación de la solución estándar.
- h) Cálculo de la Demanda Química de Oxígeno.

3.3.5 Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

- a) Necesidad de dilución.
- b) Método - prueba de la DBO de 5 días.
- c) Toma de muestras y almacenamiento.
- d) Muestras tomadas al azar.
- e) Muestras mixtas.
- f) Aparatos.
- g) Reactivos.
- h) Procedimiento.
- i) Pre-tratamiento de la muestra.
- j) Técnica de dilución.
- k) Determinación de la OD inicial.
- l) Blanco del agua de dilución.
- m) Incubación.
- n) Determinación del OD final.
- o) Calculo.
- p) Tabla DBO medible con diferentes diluciones.

3.3.6 Porcentaje de biodegradación.

3.4 Características del tensoactivo.

3.5 Determinación de las Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

3.6 Factores que influyen en la determinación.

- 3.6.1 pH.
- 3.6.2 Oxígeno Disuelto.
- 3.6.3 Fosfatos.
- 3.6.4 Temperatura.

3.7 Relación DBO/DQO.

CAPITULO 4.

PARTE EXPERIMENTAL.

4.1 Preparación de la muestra.

4.2 Análisis físico-químico.

4.3 Determinación de la biodegradabilidad de los detergentes comerciales domésticos.

4.3.1 Extracción de la materia orgánica.

4.3.2 Determinación del Contenido de jabón.

4.3.3 Análisis de la determinación del contenido de agentes activos (detergentes).

a) Pureza de Lauril Sulfato de Sodio.

b) Solución Patrón de Lauril Sulfato de Sodio.

c) Solución Detergente Catiónico.

d) Materia Orgánica Total.

e) Contenido de detergentes aniónicos.

f) Porcentaje de Producto Bruto.

4.3.4 Porcentaje de biodegradación.

4.4 Calculo de la relación DBO/DQO.

4.5 Verificación de la relación DBO/DQO > 60 %.

4.6 Sustancias Activas al Azul de Metileno (SAAM).

CAPITULO 5.

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1 Análisis de resultados.

CAPITULO 6.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

7.1 Conclusiones.

7.2 Recomendaciones.

ANEXOS.

Bibliografía.

Graficas Representativas de cada detergente.

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

1.1 Objetivo General.

- ❖ Realizar: **“Definir los límites de biodegradabilidad de los detergentes comerciales e industriales, para establecer restricciones en su uso en nuestro país”.**

Para el efecto se tomaron como base de la investigación, cuatro detergentes comerciales que tienen una gran demanda en el mercado nacional. A fin de evitar polémicas con los fabricantes de los mismos, se estableció que la identificación de los detergentes corresponden a las letras A, B, C y D.

1.2 Objetivos Particulares.

- Aplicación de una técnica para estudiar la biodegradación de los tensoactivos que componen a los detergentes.
- Evaluar la relación DBO/DQO en un tiempo de 21 días, y si esta relación es superior al 60 %, los detergentes evaluados serán considerados biodegradables.
- Obtener la determinación del SAAM (sustancias activas al azul de metileno), que establece una decoloración del 80 %, en un plazo de los 19 días y de

esta manera los productos serán considerados biodegradables.

- Identificar el nivel de biodegradabilidad de los tensoactivos y relacionarlos a la normatividad ambiental vigente en el país.
- Determinar la biodegradabilidad de los productos deterivos que contienen agentes activos de superficie aniónicos (detergentes).

1.3 Importancia.

Esta investigación fue realizada con el fin de estudiar los principales detergentes que se comercializan en nuestro país para evaluar en ellos la biodegradabilidad de sus componentes, y así cualificar el grado de afectación de los mismos en el medio ambiente.

Los detergentes fueron sometidos a varias pruebas tanto físicas como químicas, se realizaron estas pruebas para determinar la composición de los mismos e identificar cual de los componentes es el más reactivo y mas dañino al ambiente.

Se realizaron análisis de la Demanda Química y Biológica de Oxígeno, de aguas con un contenido especifico de cada detergente, de acuerdo a la norma ASTM, y relacionar los

resultados frente a la Normativa Ambiental vigente en el país.

Los resultados obtenidos se aplican directamente en los estudios ambientales del M.I. Municipio de Guayaquil, para que se realice un mejor control en la composición de la formulación de los detergentes comercializados en nuestro país.

Es importante señalar que los detergentes son productos que se usan para la limpieza y están formados básicamente por un agente tensoactivo que actúa modificando la tensión superficial disminuyendo la fuerza de adhesión de las partículas (mugre) a una superficie; por fosfatos que tienen un efecto ablandador del agua y floculan y emulsionan a las partículas de mugre, y algún otro componente que actúe como solubilizante, blanqueador, bactericida, perfumes, abrillantadores ópticos (tinturas que dan a la ropa el aspecto de limpieza), etc.

Los detergentes sintéticos contienen sustancias surfactantes que ayudan en la penetración, remojo, emulsificación, dispersión, solubilización y formación de espuma. Todo esto ocurre en las interfases sólido-líquido y líquido-líquido.

La mayoría de los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes debido a que no son descompuestos fácilmente

por la acción bacteriana. A los detergentes que no son biodegradables se les llama detergentes duros y a los degradables, detergentes blandos.

El principal agente tensoactivo que se usa en los detergentes es un derivado del alquilbencensulfonato como, por ejemplo, el dodecilbencensulfonato de sodio ($C_{12}H_{25}-C_6H_4-SO_3Na$) el cual puede hacer al detergente duro (no biodegradable, contaminante persistente) o blando (biodegradable, contaminante biodegradable), dependiendo del tipo de ramificaciones que tenga.

El uso de los compuestos tensoactivos en el agua, al ser arrojados a los lagos y ríos provocan la disminución de la solubilidad del oxígeno disuelto en el agua con lo cual se dificulta la vida acuática y además, como les quitan la grasa de las plumas a las aves acuáticas les provoca que se escape el aire aislante de entre las plumas y que se mojen, lo cual puede ocasionarles la muerte por frío o porque se ahogan.

Los detergentes son productos químicos sintéticos que se utilizan en grandes cantidades para la limpieza doméstica e industrial y que actúan como contaminantes del agua al ser arrojados en las aguas residuales.

El poder contaminante de los detergentes se manifiesta en los vegetales acuáticos inhibiendo el proceso de la fotosíntesis originando la muerte de la flora y la fauna

acuáticas. A los peces les produce lesiones en las branquias, dificultándoles la respiración y provocándoles la muerte.

1.4 Resumen.

De acuerdo al alcance de esta investigación en el capítulo 2, de una manera general se detalla los tipos de surfactantes más usados como ingredientes limpiadores primarios en las formulaciones de detergentes, que pertenecen a las series no iónica o aniónicas, así como los reforzadores orgánicos y los principales componentes de cada uno.

En el capítulo 3, se detallan los procedimientos de las pruebas realizadas a los detergentes comerciales, que entre las más importantes son la Demanda Química y Demanda Biológica de Oxígeno, como también la reacción al Azul de Metileno, la Estabilidad Relativa, además de las pruebas físico-químicas de los mismos.

Los resultados obtenidos de los análisis, se reportan en el capítulo 4, con las relevancias de cada una de las pruebas y determinaciones de los detergentes analizados.

La evaluación de las pruebas, se pueden observar en el capítulo 5, se encuentran detallados los análisis de resultados de los detergentes.

Y por ultimo en el capitulo 6 se ponen a consideración, las conclusiones y recomendaciones que los autores creen convenientes para nuestra sociedad.

1.4.1 Resultados de la Investigación.

Los limites permisibles en la ASTM es la relación DBO/DQO > 60 %, el azul de metileno es máximo de 2 mg/lt, la estabilidad relativa es mínimo del 80 %, con lo que se considera biodegradable.

El detergente A analizado bajo la **norma ASTM** y la **norma SAAM** no cumplen con los limites exigidos, por lo tanto **no es biodegradable**, ya que el valor de la **relación DBO/DQO** es del **54 %** y al **azul de metileno inicial** es de **80 mg/lt**, el **final** es de **77 mg/lt**, la **estabilidad relativa** es del **35 %**.

El detergente B tiene **55 %** en la **relación DBO/DQO**, al **azul de metileno inicial** es de **100 mg/lt**, el **final** es de **94 mg/lt**, la **estabilidad relativa** es del **30 %**, por lo tanto **no es biodegradable**.

En lo que respecta al **detergente C**, la **relación DBO/DQO** es de **51 %**, al **azul de metileno inicial** es de **95 mg/lt**, el **final** es de **91 mg/lt**, la **estabilidad relativa** es de **0 %**, por lo tanto **no es biodegradable**.

El detergente D, por otra parte tiene **55 %** en la **relación DBO/DQO**, el **azul de metileno inicial** es de **95 mg/lit**, el **final** es de **90 mg/lit**, la **estabilidad relativa** es de **40 %**, aunque es el que mas se aproxima a los limites permisibles, pero no cumple con el mínimo establecido, por lo tanto **no es biodegradable**.

Como conclusión de esta investigación, consideramos que: **ningún detergente comercializado en nuestro país se considera biodegradable**.

Tratamiento de las aguas contaminadas.

Por ello, se debe llevar a cabo una concientización a las instituciones que se dedican a controlar las aguas contaminadas con tensoactivos, para que realicen un mejor tratamiento y así evitar la destrucción de la vida marina de los esteros, ríos, lagos y otras fuentes hidrográficas.

1.4.2 Conclusiones y Recomendaciones.

- ❖ Bajo la **norma ASTM**, y en la **relación DBO/DQO** cada uno de los cuatro detergentes analizados, **no alcanzaba el valor mínimo requerido** por lo tanto **NO SON CONSIDERADOS BIODEGRADABLES**.

- ❖ Bajo la **norma SAAM**, los detergentes tienen valores por encima del rango de aceptación, con lo que se concluye que **NO SON BIODEGRADABLES**.
- ❖ Al evaluar en estos mismos detergentes comerciales, la decoloración de la **Estabilidad Relativa** todos estos detergentes, se consideran que **NO SON BIODEGRADABLES**.

- ❖ Se requiere que el Congreso Nacional o el Gobierno, legisle a través del INEN, la formulación de tensoactivos domésticos biodegradables, tanto en la relación DBO/DQO, como en la norma SAAM.

- ❖ Es importante para el control del Impacto Ambiental, que el INEN normalice las especificaciones del contenido de productos activos y materia orgánica, de los detergentes presentes en las aguas residuales que se generan en todo el país.

- ❖ En el caso particular de la Ciudad de Guayaquil, que **Interagua** amplíe y mejore sus procesos de

tratamiento de las aguas residuales de la red de alcantarillado público de la ciudad de Guayaquil.

CAPITULO 2

CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LOS DETERGENTES

Composición de los detergentes.

El detergente típico es una mezcla de varios componentes, cada uno de los cuales realiza la función específica. Se formulan los detergentes para que actúen en las condiciones de lavado y para que llenen las exigencias del substrato que va a lavarse.

Algunos detergentes por ejemplo, el jabón de tocador, están formados por un solo componente, pero hay pocos sistemas de limpieza en que un detergente mixto de fórmula adecuada no obre de mejor modo y produzca mejor efecto que el mejor detergente formado por una sola sustancia.

Las numerosas sustancias que se usan en las fórmulas de los detergentes pueden dividirse en los siguientes grupos:

- a) Surfactantes.
- b) Sales, ácidos y bases inorgánicas.
- c) Reforzadores orgánicos.
- d) Aditivos para fines especiales.

Surfactantes.

Grupo que comprende los jabones y sustancias sintéticas de superficie activa.

La mayoría de las numerosas clases de surfactantes y una porción considerable de los incontables surfactantes individuales se han usado como ingredientes de los detergentes, pero no siempre como componentes limpiadores principales. Aparte su actividad limpiadora, los surfactantes pueden agregarse a las fórmulas de los detergentes para aumentar los efectos humectantes o espumante o para llenar otras funciones específicas. Por ejemplo: los surfactantes catiónicos se utilizan como bactericidas en los detergentes sanitarios. Los surfactantes pueden agregarse a los productos limpiadores para producir efectos especiales en el acabado de la superficie limpiada.

Los tipos de surfactantes más usados como ingredientes limpiadores primarios en las preparaciones de detergentes son:

- 1) Jabones de ácidos grasos, de ácidos de la colofonia y del aceite del pino (aceite de resina).
- 2) Sulfatos alquílicos, entre los que hay surfactantes hidrófobos de cadena ramificada y de cadena recta, y también los grupos con sulfato primario y sulfato secundario.
- 3) Sulfatos y sulfonatos que tienen un enlace entre los grupos hidrófobo e hidrófilo, como los metiltaururos acilados de ácidos grasos, y los monoglicéridos grasos sulfatados.

- 4) Esteres ácidos de cadena larga derivados del polietilenglicol.
- 5) Éteres de glicoles y polietilénicos y alquilo fenoles.
- 6) Éteres de glicoles y polietilénicos; alcoholes y mercaptanos de cadena larga.
- 7) Dietanolaminas de ácidos grasos.
- 8) Surfactantes del tipo Pluronic ya mencionado.

Todos estos tipos pertenecen a las series no iónica o aniónicas.

Sales, ácidos y bases inorgánicas.

Estos componentes se llaman coadyuvantes si contribuyen significativamente a la obtención de la detergencia de la mezcla. Si no contribuyen, se llaman “diluyentes” o “rellenos”.

Los componentes inorgánicos más importantes de los detergentes pueden agruparse en seis categorías: álcalis, fosfatos, silicatos, sales neutras solubles, ácidos y coadyuvantes inorgánicos insolubles.

a) Álcalis.

La sosa cáustica se usa mucho en el lavado mecánico de las botellas, en el lavado del vidrio y limpieza de los metales.

El carbonato sodico en la forma anhidra o hidratada se emplea como coadyuvante o relleno con jabones, surfactantes sintéticos y sustancias inorgánicas en la fabricación de limpiadores para superficies duras y para telas.

El bicarbonato sódico (NaHCO_3), el sesquicarbonato sódico ($\text{NaHCO}_3\text{Na}_2\text{CO}_3$) y el borato sódico (bórax) sustituyen al carbonato sódico anhidro cuando se desea que la preparación tenga pH bajo.

Las sales de potasio, análogas a las mencionadas, se incluyen algunas veces en las formulas de alta solubilidad.

Los álcalis no secuestran los iones de metales pesados y su efecto suspensor, si lo tienen, sobre la mayoría de los sólidos de suciedad es muy escaso. Mantienen elevado el pH y producen buen efecto limpiador en la superficie de la mayoría de los objetos de cerámica y de vidrio.

b) Fosfatos.

El fosfato trisódico (ortofosfato trisódico, Na_3PO_4) es el componente principal de los limpiadores de superficies duras para objetos de cerámica, de metal y de superficie

pintada,. Puede usarse con jabones, surfactantes y otro álcalis. Precipita los iones de muchos metales pesados, pero no los secuestra en el sentido de formar quelatos solubles.

El pirofosfato tetrasódico ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$) es uno de los coadyuvantes y detergentes primarios más importantes para limpiar telas y objetos de superficie dura. Posee gran actividad de secuestración, suspensión y limpieza.

El trifosfato sódico (tripolifosfato sódico, $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$) es el coadyuvante más usado en la preparación de detergentes basados en surfactantes sintéticos y que se destinan a servicio pesado en limpieza de telas. Su actividad de suspensión y secuestración es algo mayor que la del pirofosfato tetrasódico y su pH es un poco más bajo.

Los fosfatos vítreos (“hexametafosfato”sódico) varían en su composición según el fabricante, son potentes agentes de suspensión y secuestro, y se utilizan cuando estos efectos son de primordial importancia en el detergente. Los fosfatos vítreos tienen pH bajo, que varia de 6 a 7, y cuando se calientan en solución acuosa sufren hidrólisis y “revierten” a pirofosfatos y ortofosfatos.

Los fosfatos de potasio, particularmente el pirofosfato tetrapotasico, son considerablemente más solubles que los fosfatos análogos del sodio. Se usan como coadyuvantes en los detergentes líquidos.

c) Silicatos.

Mucho antes de la era de los detergentes sintéticos, se usaban mucho los silicatos sódicos como coadyuvantes en las formulas de jabones para lavanderías. Recientemente se ha averiguado que son de mayor utilidad en las preparaciones basadas en detergentes distintos del jabón. En las muchas formas en que se fabrican los silicatos sódicos, la especificación más importante es la relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ en el producto.

Según el valor de esa relación, los silicatos de sodio comerciales se llaman orto, meta y saquisilicatos. El más alcalino es el ortosilicato; su formula es Na_4SiO_4 , cuya relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ es de 0,5. El metasilicato Na_2SiO_3 , cuya relación $\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O}$ es igual a la unidad, y el sesquisilicato, cuya relación de óxidos de silicio y de sodio se intermedia entre la del metal y la del ortosilicato, son menos alcalinos, aunque su pH es considerablemente mayor que el del carbonato sódico anhidro.

d) Sales neutras solubles.

Se ha discutido mucho si las sales neutras solubles sulfato de sodio y cloruro de sodio se comportan como

coadyuvantes o como diluyentes en la preparaciones de surfactantes sintéticos. En realidad, el sulfato de sodio obra como excelente diluyente y como compuesto de normalización. Además, reduce la concentración micelar crítica de los surfactantes orgánicos y, en consecuencia, disminuye la concentración necesaria para efectuar un buen lavado. Este efecto es contrarrestado por el aumento del nuevo depósito de la suciedad, de manera que el resultado neto de la adición de sulfato de sodio al surfactante no siempre favorable. El cloruro de sodio es un verdadero coadyuvante; aumenta la detergencia en los detergentes basados en surfactantes no iónicos o aniónicos que se usan para desengrasar la lana.

e) Ácidos.

Algunas veces se agregan ácidos a los detergentes con el fin de disolver o aflojar por acción química la suciedad, que de otra manera sería muy difícil desprender. El ácido oxálico es particularmente efectivo para limpiar los exteriores de los vagones de ferrocarril. El ácido fosfórico y el ácido clorhídrico se usan para lavar equipos de lechería. El ácido sulfúrico sirve para el decapado de los metales. Los ácidos son utilizados también para controlar el pH de los cosméticos y de otros detergentes que deben tener pH notablemente menor de 7.

Con este fin se emplean ácidos orgánicos, como el acético y el cítrico.

Reforzadores orgánicos.

Vigorizadores o aditivos que aumentan la detergencia, el poder espumante, el poder emulsivo o el efecto dispersor de la composición sobre las partículas de suciedad.

Aditivos para fines especiales.

Como sustancias de blanqueo, sustancias que dan brillo, bactericidas, emolientes, sustancias que modifican o mejoran la forma física o la estabilidad del detergente.

CAPITULO 3

BIODEGRADABILIDAD DE LOS DETERGENTES

Determinación de la biodegradabilidad de los detergentes.

La determinación de la biodegradabilidad de los agentes activos de superficie aniónica implica la extracción previa de la materia orgánica con un disolvente apropiado y su determinación. Un ensayo biológico con una siembra bacteriana permite calcular la biodegradabilidad en función de ensayos testigos.

Tales detergentes contienen cadenas carbonadas rectas, análogas a las de las grasas naturales. Se metabolizan mediante bacterias en plantas de tratamiento de aguas residuales y se conocen con el nombre de “detergentes biodegradables”.

Extracción de la materia orgánica.

Principio.

El producto se extrae con un disolvente apropiado que extrae el jabón y los detergentes aniónicos.

Reactivos.

- Solución de etanol al 95 % en volumen.

Procedimiento.

Caso de un producto pulverulento.

- Moler una muestra representativa de 250 g del producto a analizar.
- Los granos obtenidos deben de tener un diámetro inferior a 200 μ , homogenizar el polvo obtenido.
- Introducir 40 g de polvo en un matraz de fondo redondo, de 1 litro, de boca esmerilada, adaptable a un refrigerante vertical.
- Añadir 500 ml de etanol y llevar a ebullición con reflujo durante 15 minutos.
- Hacer pasar en caliente el líquido sobrenadante sobre un filtro de vidrio fritado con un diámetro de poros de 10 a 20 μ , manteniendo una ligera depresión.
- Repetir la operación 2 veces con el residuo añadiendo cada vez 200 ml de etanol. Reunir en un matraz aforado de 1 litro, los extractos y el etanol que han servido para lavar el filtro.
- Completar el volumen con etanol.
- Mezclar a partir de la solución así obtenida se efectuaran las operaciones anteriores.

Determinación del Contenido de jabón.

Principio.

Los ácidos grasos separados con un disolvente apropiado se determinan por tirimetría.

Reactivos.

- Agua destilada.
- N-hexano.
- Solución de etanol al 95 % en volumen.
- Solución de ácido clorhídrico 0.1 N.
- Solución de hidróxido potásico 0.1 N en metanol.
- Solución de fenoftaleina al 1 %.
 - Fenoftaleina 1 g.
 - Etanol 50 ml.
 - Agua destilada 50 ml.
- Solución de azul de bromofenol al 0.02 % en agua destilada.

Procedimiento.

En un embudo de decantación de 500 ml, introducir 100 ml de la solución precedente (I). Añadir 100 ml de agua destilada. Mezclar perfectamente. Añadir algunas gotas de solución de azul de bromofenol y agitar. Introducir gota a gota, agitando constantemente, la solución de ácido

clorhídrico 0.1 N hasta viraje al amarillo y después 1 ml en exceso. Hacer 5 extracciones sucesivas con 30 ml de hexano cada vez. Reunir los extractos en otro embudo de decantación. Lavar con agua destilada hasta neutralización al bromofenol (coloración azul). Transvasar los extractos así lavados a un matraz cónico de 250 ml lavando el embudo de decantación varias veces con la solución de etanol neutralizada (coloración rosa débil en presencia de fenoftaleina). Valorar con la solución de hidróxido potásico hasta viraje al rosa en presencia de fenoftaleina. Sea V el número de mililitros utilizados.

Practicar dos ensayos con la misma muestra utilizando idéntica cantidad de etanol en el lavado.

Expresión de los resultados.

El porcentaje (S) en peso de jabón del producto se da por la relación:

$$S = \frac{V.T.300}{m} =$$

donde:

V = número de mililitros utilizados,

T = valor de la solución de hidróxido potásico,

m = peso en gramos de la muestra,

300 = peso molecular del jabón (por convención).

Hacer la media de los resultados de dos ensayos.

Observación.

La diferencia entre dos determinaciones sucesivas debe ser inferior a 0,4.

Determinación del Contenido de Agentes Activos Aniónicos (Detergentes).

Principio.

Previa extracción y separación, los detergentes aniónicos se determinan por tirimetría.

Reactivos.

- Agua destilada.
- Solución de ácido sulfúrico 5 N.
- Cloroformo puro.
- Solución de etanol al 95 % en volumen.
- Solución de etanol al 10 % en volumen.
- Solución patrón de lauril sulfato sódico 0.004 M.

Disolver, calentando eventualmente, en 200 ml de agua destilada, 1,15 g, pesados muy exactamente, de lauril sulfato sódico de pureza P. Transvasar a un matraz aforado de 1 litro y completar el volumen con agua destilada. La

molaridad (M_1) de la solución obtenida se da por la relación:

$$M_1 = \frac{m.P}{288.4 \times 100} =$$

donde:

m = peso (g) de lauril sulfato sódico,

P = pureza del lauril sulfato (%) véase observaciones,

➤ Solución detergente catiónico:

Hyamina 1.85 g.

Agua destilada hasta enrase a 1000 ml.

Esta solución debe calibrarse (véase observaciones).

➤ Solución de ácido sulfúrico N.

➤ Solución tampón:

Hidrógeno fosfato sódico 10 g.

Agua destilada 800 ml.

Solución de hidróxido sódico de 100 g/l hasta pH de 10,5.

➤ Solución madre de indicador mixto de bromuro de dimidio y azul de disulfina.

Anexos.

En un vaso de precipitación de 50 ml, introducir 0.5 g de bromuro de dimidio. En un segundo vaso, introducir 0.25 g. Añadir a cada vaso de precipitados 10, 20 y 30 ml de solución caliente de etanol al 10 % y agitar hasta disolución perfecta. Transvasar las dos soluciones obtenidas a un

matraz aforado de 250 ml. Lavar los vasos con la solución de etanol al 10 %. Añadir los líquidos de lavado a la solución precedente. Completar el volumen con agua destilada. Mezclar.

- Solución ácida de indicador mixto:

Agua destilada	200 ml
Solución madre	20 ml
Solución ácido sulfúrico	20 ml
Agua destilada hasta enrase a 500 ml	

Mezclar perfectamente. Esta solución debe conservarse en la oscuridad.

Procedimiento.

En un matraz de 1 litro provisto de una tubuladora lateral, introducir los 900 ml (V_2) restantes de la solución (I). Lavar el matraz con etanol y añadir este líquido de lavado al matraz. Destilar hasta que solo queden de 100 a 150 ml de solución. Transvasar en caliente a un erlenmeyer de 300 ml de tarado. Lavar el matraz con etanol y añadir el líquido de lavado. Evaporar primero en baño maría y después en la estufa a 103 ± 2 °C.

Sea m el peso del extracto seco obtenido. Disolver éste en agua destilada calentando para que se disuelva completamente. Enfriar. Transvasar a un matraz de 1 litro.

Lavar el erlenmeyer y añadir el líquido de lavado a la solución. Completar a 1 litro con agua destilada. Mezclar esta solución (II).

Introducir una parte alícuota V_4 de esta solución en un matraz de 200 ml. Añadir 15 ml de cloroformo y 10 ml de solución ácida de indicador mixto. Valorar con la solución de hyamina-1622. Sea V_3 el número de mililitros utilizados que deben estar comprendidos entre 15 y 25.

Expresión de los Resultados.

La *materia orgánica total* se da por la expresión:

Formula:

$$MO = m \frac{100 \times 1000}{p \cdot V_2} =$$

en donde:

MO = materia orgánica total (%).

V_2 = volumen restante de la solución patrón (900 ml).

p = peso en gramos de la muestra original (10 g).

m = peso de la materia orgánica seca.

El *contenido de detergentes aniónicos*, expresado en miligramos de dodecil-benceno-sulfonato sódico por litro de solución (II), se da por la relación:

Formula:

$$C = \frac{348 \cdot V_3 \cdot M_H \cdot 1000}{V_4} =$$

en donde:

C = contenido detergentes aniónicos.

M_H = molaridad solución detergente catiónico.

384 = peso molecular promedio del jabón (dodecilo-benceno-sulfonato sodico).

V₃ = volumen de la solución en blanco.

V₄ = volumen necesario para el viraje de la solución.

Para expresar este contenido en *porcentaje del producto bruto*, utilizar la relación:

Formula:

$$A = \frac{100 \cdot C}{V_2 \cdot p} =$$

en donde:

A = porcentaje de producto bruto.

V₂ = volumen restante de la solución patrón (900 ml).

p = peso de la muestra (10 g).

C = contenido detergentes aniónicos.

Observaciones.

- *Determinación de la pureza de laurilsulfato sódico.*

En un matraz de fondo redondo de 250 ml, introducir 5 g de laurilsulfato sódico. Añadir 25 ml de solución de ácido

sulfúrico 1 N. Calentar a reflujo. Hacer desaparecer la espuma dejando calentar y agitando de vez en cuando; mantener la calefacción durante 90 minutos. Enfriar el matraz. Lavar el refrigerante con 30 ml de etanol y después con agua destilada. Lavar también con agua el esmerilado y el cuello del matraz. Valorara con la solución de hidróxido sódico en presencia de fenoftaleina. Valorar igualmente 25 ml de la solución de ácido sulfúrico 1 N. La pureza de laurilsulfato se calcula por la relación:

Formula:

$$P = \frac{28.84 (V1 - V2) T}{m} =$$

en donde:

P = pureza de laurilsulfato de sodio.

m = peso de la muestra de laurilsulfato sódico comprobada (5 g).

T = normalidad de la solución de hidróxido sódico (1.2N).

V1 = volumen necesario para el viraje de la muestra

V2 = volumen de la prueba en blanco.

o *Calibración de la solución de hyamina-1622.*

En un frasco de tapón esmerilado introducir:

Solución de laurilsulfato sódico	25 ml
Agua destilada	10 ml

Cloroformo	15 ml
Solución ácida de indicador mixto	10 ml

Introducir en pequeñas cantidades la solución de hyamina-1622 mezclando rápidamente después de cada adición, hasta coloración gris azul pálida. Sea:

Formula:

$$MH = \frac{M1.25}{V} =$$

en donde:

MH = molaridad de la solución detergente catiónico.

M1 = molaridad de la solución de laurilsulfato de sodio (0.00385).

V = volumen necesario para el viraje.

Demanda Química de oxígeno (DQO).

Introducción.

La determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) se utiliza como una medida del equivalente de oxígeno del contenido de materia orgánica de una muestra susceptible de oxidación por un oxidante químico fuerte. Para las muestras de una fuente específica, el DQO puede relacionarse empíricamente con el DQO, el carbono orgánico, o la materia orgánica. La prueba es útil para

monitorizar y controlar después de haber establecido la correlación. Se prefiere el método de reflujo de dicromato a los procedimientos que utilizan otros oxidantes debido a su mayor capacidad oxidante, a su aplicabilidad, a una mayor variedad de muestras y a su fácil manipulación.

La oxidación de la mayoría de los compuestos orgánicos es del 95 al 100 por 100 del valor teórico.

La piridina y los compuestos relacionados con ella resisten la oxidación, y los compuestos orgánicos volátiles sólo son oxidados en la medida en que permanecen en contacto con el oxidante. El amoníaco, presente en la materia orgánica que contiene nitrógeno, o liberado desde ella, no es oxidado en ausencia de una concentración significativa de iones cloruros libres.

a) Toma de muestras y almacenamiento

Preferiblemente, recójense las muestras en frascos de cristal. Ensáyense las muestras inestables sin demora. Si es inevitable el retraso antes del análisis, consérvese la muestra por acidificación a un $\text{pH} \leq 2$ utilizando H_2SO_4 concentrado.

Mézclense las muestras que contengan sólidos precipitables con un homogenizador para permitir una toma de muestra representativa. Háganse diluciones preliminares de los

residuos que contengan un DQO alto para reducir el error inherente a la determinación de volúmenes pequeños de muestra.

Demanda Bioquímica de Oxígeno.

La determinación de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es una prueba empírica en la que se utilizan procedimientos estandarizados de laboratorio para determinar los requerimientos relativos de oxígeno de las aguas residuales, efluentes y contaminadas. La prueba tiene su aplicación más extendida en la determinación de las cargas residuales en las instalaciones de tratamiento y en la evaluación de la eficacia de extracción de la DBO de tales sistemas de tratamiento. La prueba mide el Oxígeno utilizado durante un periodo de incubación especificado, para la degradación bioquímica de materia orgánica (requerimiento de carbono), y el oxígeno utilizado para oxidar la materia orgánica como los sulfuros y el ion ferroso. Puede medir también el oxígeno utilizado para oxidar las formas reducidas del nitrógeno (requerimiento del Nitrógeno) a menos que se impida la oxidación por medio de un inhibidor. Los procedimientos de siembra y disolución (dilución) proporcionan una valoración del de la DBO a un pH entre 6,5 y 7,5.

a) Método prueba de la DBO de 5 días.

El método consiste en llenar con muestra hasta rebosar un frasco hermético del tamaño especificado e incubarlo a la temperatura establecida durante 5 días. El oxígeno disuelto se mide antes y después de la incubación y la DBO se la calcula mediante la diferencia entre el OD inicial y el final. Debido a que el OD se determina inmediatamente después de hacer la dilución, dada la captación de oxígeno, incluida la que ocurre durante los 15 primeros minutos se incluye en la determinación de la DBO.

b) Determinación del OD inicial:

Si la muestra contiene materiales que reaccionan muy deprisa con el OD, determínese el OD inicial inmediatamente después de llenar el frasco DBO con muestra diluida. Si la captación rápida inicial de OD es insignificante, el tiempo transcurrido entre la preparación de la dilución y la determinación del OD inicial no es crítico.

Utilícese la modificación ácida del método yodométrico o el método del electrodo de membrana para determinar el OD inicial en todas las diluciones de la muestra, los blancos de dilución y, cuando sea apropiado, los controles de simiente.

c) Blanco del agua de dilución:

Empléese un blanco del agua de dilución como un control aproximado de la calidad del agua de dilución no sembrada y de la limpieza de los frascos de incubación. Junto con cada lote de muestras, incúbese un frasco de agua de dilución no sembrada. Determínese el OD inicial y final tal como se especifica en los apartados 4 g y j. La captación de OD no deberá ser mayor de 0,2 mg/l y preferiblemente no superior a 0,1 mg/l.

d) Incubación:

Incúbese a $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ los frascos de DBO que contengan las diluciones deseadas, los controle de simiente, los blancos de agua de dilución, y los controles de glucosa-ácido glutámico. Sellar los frascos como se ha descrito en el apartado 4f.

e) Determinación del OD final:

Después de 5 días de incubación, determínese el OD en las diluciones de la muestra, en los blancos y en los controles, como en el apartado 4g

f) Cálculo.

Cuando el agua de dilución no está sembrada:

$$DBO_{5,mg/l} = \frac{D_1 - D_2}{P}$$

Cuando el agua de dilución está sembrada:

$$DBO_5, mg / l = \frac{(D_1 - D_2) - (B_1 - B_2)f}{P}$$

Donde:

D₁ = OD de la muestra diluida inmediatamente después de su preparación, mg/l,

D₂ = OD de la muestra diluida después de 5 días de incubación a 20°C, mg/l,

P = Fracción volumétrica decimal de la muestra utilizada.

B₁ = OD del control de simiente antes de la incubación, mg/l (apartado 4d)

B₂ = OD del control de la simiente después de la incubación, mg/l (apartado 4d), y

f = Proporción de la simiente en la muestra diluida con respecto a la del control de la simiente = (% de simiente en la muestra diluida)/(% simiente en el control de simiente).

Si se añade directamente la simiente a la muestra o a las botellas control de simiente:

f = (volumen de simiente en la muestra diluida)/(volumen de simiente en el control de simiente).

TABLA DBO MEDIBLE CON DIFERENTES DILUCIONS DE LAS MUESTRAS

Empleando mezclas porcentuales		Por pipeteo directo a botellas de 300 ml	
% Mezclas	Intervalo de valores DBO	ml	Intervalo de valores DBO
0,01	20.000 – 70.000	0,02	30.000 – 105.000
0,02	10.000 – 35.000	0,05	12.000 – 42.000
0,05	4.000 – 14.000	0,10	6.000 – 21.000
0,1	2.000 – 7.000	0,20	3.000 – 10.500
0,2	1.000 – 3.500	0,50	1.200 – 4.200
0,5	400 – 1.400	1	600 – 2.100
1	200 – 700	2	300 – 1.050
2	100 – 350	5	120 – 420
5	40 – 140	10	60 – 210
10	20 – 70	20	30 – 105
20	10 – 35	50	12 – 42
50	4 - 14	100	6 – 21
100	0 - 7	300	0 - 7

Porcentaje de biodegradación.

El porcentaje de biodegradación se rige mediante la norma ASTM D 2667, que es la prueba de Biodegradabilidad Ambiental en donde se toma como base la relación entre la Demanda Química de Oxígeno y la Demanda Biológica de Oxígeno de la muestra representativa de ensayo.

Según esta norma se considera que una sustancia es biodegradable según:

La Relación DBO/DQO a 21 días es de 64 %, en consecuencia el producto analizado se considera degradable.

Método de Análisis.

Guía de pretratamiento de efluentes industriales del Ministerio del Medio Ambiente (Colombia), consiste en realizar mediciones del DBO y DQO durante 21 días para evaluar en una curva la degradabilidad del producto por acción biológica (bacterias) y Bioquímica por oxidación.

Relación DBO/DQO.

La relación DBO/DQO sea superior al 65 % en un tiempo de 21 días, de esta manera los detergentes serán considerados biodegradables.

Demanda Química de Oxígeno: 1,06g DQO/g de producto.
Sobre una solución de 500 mg de producto/ litro de agua:
DQO 530 mg/l.

Demanda Biológica de Oxígeno:

Inhibición del ensayo con concentraciones en el frasco de incubación igual o mayor que 1,25 mg de producto/litro.

Sustancias Fenólicas: < 0, 1 mg de fenol /g de producto.

Sobre una solución de 100 mg de producto/ litro de agua:
fenol < 0,01 mg/l.

Materia orgánica biodegradable.

Compuesta principalmente por proteínas, carbohidratos y grasas animales, se mide, generalmente, en función de las Demandas Biológica de Oxígeno (DBO) y Química de Oxígeno (DQO). Cuando se vierte al medio sin tratar, su estabilización biológica puede llevar al agotamiento de los recursos naturales de oxígeno y al desarrollo de condiciones sépticas.

Materia orgánica refractaria.

Esta materia tiende a ser resistente a los métodos convencionales de tratamiento. Ejemplos típicos son los agentes tenso activos, los fenoles y los pesticidas agrícolas.

Desde el punto de vista cuantitativo, una gran parte de los contaminantes orgánicos que se vierten al agua presentan como característica común que pueden ser degradados por organismos vivos (biodegradación). Estos componentes biodegradables son compuestos que contienen en mayor parte Carbono en estado reducido y de forma minoritaria otros elementos. Al ser vertidos a un cauce de agua, los microorganismos presentes en el agua crecen y se alimentan

a expensas de esos compuestos en presencia del oxígeno disuelto en el agua:

Microorganismos aerobios (microorganismos que crecen en presencia de oxígeno), con C(reducido) a CO₂.

A partir de esta característica de biodegradabilidad, se establece un primer modo de medir la materia orgánica presente en un agua a través de la llamada demanda bioquímica (o biológica) de oxígeno (DBO), definida como la cantidad de oxígeno por unidad de volumen necesaria para realizar una oxidación de la materia orgánica por parte de los microorganismos. Sus unidades son mg/l.

La medida de este parámetro se realiza incubando un volumen determinado del agua cuya DBO deseamos conocer en presencia de microorganismos y con oxígeno en exceso, de modo que durante la duración del ensayo no se produzca ausencia del mismo.

Determinación de sustancias activas al azul de metileno (SAAM).

Introducción.

El método del azul de metileno puede emplearse para estudios de monitoreo de biodegradabilidad pero no puede

diferenciar entre los dos tipos de cadenas de sulfonato de alquilbenceno.

Objetivo y campo de aplicación.

Esta norma mexicana establece el método de análisis para la determinación de sustancias activas al azul de metileno en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas.

Principio del método.

El principio de este método se basa en la formación de un par iónico extractable en cloroformo de color azul por la reacción del azul de metileno catiónico y un tensoactivo aniónico incluyendo al sulfonato de alquilbenceno lineal, otros sulfonatos y ésteres de sulfonatos. La muestra se acidifica y se mezcla con una disolución de azul de metileno.

Equipo y materiales.

Solo se mencionan los equipos y materiales que son de relevancia para el presente método.

- Balanza analítica con precisión de 0,1 gramo.

- Espectrofotómetro. Disponible para utilizarse de 190 a 900 nm y equipado con celdas de 1 cm de paso óptico de luz.
- Material volumétrico de tipo clase A con certificado o en su caso debe estar calibrado.

Biodegradabilidad Relativa.

Estabilidad relativa.

Método azul de metileno.

Para aguas residuales y aguas de alcantarillado.

Introducción.

Se define a la Estabilidad Relativa como el porcentaje de oxígeno disponible (oxígeno disuelto y el oxígeno en nitritos y nitratos) en una muestra de aguas de alcantarillado o residuales comparado con la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

El porcentaje está directamente relacionado con el número de días requeridos para que se consuma el oxígeno disponible en la muestra.

El método Azul de metileno emplea el indicador azul de metileno para manifestar el agotamiento del oxígeno disponible.

Se usa una tabla para relacionar el tiempo requerido para el agotamiento del oxígeno con el porcentaje de estabilidad relativa.

Toma de muestra y almacenaje.

Se recogen muestras en botellas limpias de plástico o vidrio. Se llenan completamente y se tapan bien. Evitar la agitación excesiva o la exposición prolongada al aire. Las muestras se deben analizar tan pronto como sea posible después de recogerlas y no se pueden preservar o almacenar para análisis posterior.

Procedimiento.

1. Tomar una muestra en una botella DBO de 300 ml con tapón de vidrio, evitando la aireación y/o el atrapar burbujas de aire dentro de la botella.
2. Se pipetea 0.80 ml de solución de azul de metileno en la muestra descargando el reactivo con la punta de la pipeta por debajo de la superficie de la muestra. Con cuidado, se pone el tapón en la botella para no atrapar aire en el interior.
3. Poner un poco de agua en el cuello abocinado de la botella por encima del tapón para formar un sello de agua.

4. Poner la muestra en un incubador a 20 ± 1 °C (68 ± 2 °F) y compruebe diariamente anotando el número de días necesario para que desaparezca el color de azul de metileno. Vea la nota.

La estabilidad relativa puede darse como el número de días necesarios para que desaparezca el color o como el porcentaje de estabilidad relativa a partir de la tabla siguiente:

Decoloración Tiempo, días.	% estabilidad relativa.	Decoloración Tiempo, días.	% estabilidad relativa.
0.5	11	8.0	84
1.0	21	9.0	87
1.5	30	10.0	90
2.0	37	11.0	92
2.5	44	12.0	94
3.0	50	13.0	95
4.0	60	14.0	96
5.0	68	16.0	97
6.0	75	18.0	98
7.0	80	20.0	99

Preparación de la muestra.

La determinación de la biodegradabilidad de los agentes activos de superficie aniónica implica la extracción previa de la materia orgánica activa con un disolvente apropiado y su determinación.

Para este caso se utilizaron 4 detergentes en polvo que se comercializan en Guayaquil, diferentes entre sí en marca, peso, color y aspecto; para realizar los respectivos análisis.

Las muestras fueron preparadas previamente para ser analizadas, las cuales fueron sometidas a la extracción de la materia prima, además se les realizó análisis granulométrico, toma de temperatura de la muestra, pH de la solución al 10 %, lo cual está detallado posteriormente.

Toda la información fue recogida en una base de datos confeccionada en un sistema de computación compatible con el análisis estadístico básico, donde se emplearon los sistemas clásicos: Microsoft Word, Excel.

En las pruebas se analizan diferentes parámetros, los cuales se los realizaron periódicamente y utilizando el sistema promedial basado en los criterios matemáticos.

Los principales parámetros evaluados en esta tesis son:

- ✓ pH.
- ✓ Temperatura.
- ✓ Granulometría.
- ✓ Densidad.

Análisis físicos-químicos.

Los análisis efectuados en los diferentes detergentes se detallan en el cuadro # 1.

**CUADRO # 1. PROPIEDADES FÍSICAS DE LOS
DETERGENTES ANALIZADOS.**

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
Temperatura °C	25	25	25	25
pH solución 10 % peso.	8.5	8.2	8.4	8.3
Densidad gránulos g/ml.	0.508	0.512	0.521	0.509
Análisis Granulométrico.				
1600 μm	6	7	8	9
800 μm	10	12	13	14
400 μm	54	49	50	45
200 μm	24	21	19	20
100 μm	8	11	10	12

Elaborado por Los Autores.

CAPITULO 4

PARTE EXPERIMENTAL

Determinación de la biodegradabilidad de los detergentes comerciales domésticos de nuestro país

A continuación detallamos las principales características para realizar las pruebas de biodegradabilidad de los detergentes que fueron analizados en esta investigación.

Las pruebas analizadas fueron basadas en la norma SAAM con relación de la biodegradabilidad para realizar los cálculos del porcentaje, para determinar si son o no son biodegradables los detergentes escogidos.

Extracción de la materia orgánica.

Esta extracción se la realiza para eliminar la materia orgánica presente en los detergentes, la cual puede presentar interferencias en los análisis posteriores, la cual se la realiza con un disolvente apropiado, que en este caso es el alcohol etílico al 95 % en volumen.

A partir de esta solución obtenida repitiendo la operación 2 veces con el residuo para completar los 1000 cc de destilado, y así continuar con el resto de pruebas que se detallan a continuación.

Determinación del Contenido de jabón.

FORMULA:

$$S = \frac{V.T.300}{m} =$$

en donde:

S = contenido de jabón.

V = numero de mililitros utilizados.

T = valor de la solución de hidróxido de potasio.

m = masa de la muestra (40 gramos).

300 = peso molecular del jabón (por convección).

CUADRO # 2. CONTENIDO DE JABÓN DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
Volumen viraje fenoftaleina (ml).	12.68	12.85	11.96	12.75
Contenido de jabón (%).	9.374	9.499	8.842	9.426

Elaborado por Los Autores.

$$S1 = \frac{12.68 \times 0.09857 \times 300}{40} = 9.374 \%$$

$$S2 = \frac{12.85 \times 0.09857 \times 300}{40} = 9.499 \%$$

$$S3 = \frac{11.96 \times 0.09857 \times 300}{40} = 8.842 \%$$

$$S4 = \frac{12.75 \times 0.09857 \times 300}{40} = 9.426 \%$$

Contenido de agentes activos de superficie aniónicos (Detergentes).

Pureza laurilsulfato sodico.

Formula:

$$P = \frac{28.84 (V1 - V2) T}{m} =$$

en donde:

P = pureza de laurilsulfato de sodio.

m = peso de la muestra de laurilsulfato sódico comprobada (5 g).

T = normalidad de la solución de hidróxido sódico (1.2 N).

V1 = volumen necesario para el viraje de la muestra (26.45 ml).

V2 = volumen de la prueba en blanco (12.54 ml).

28.84 = grado de conversión standard.

$$P = \frac{28.84 \times (26.45 - 12.54) \times 1.2}{5} = 96.55 \%$$

Solución patrón laurilsulfato sodico.

Formula:

$$M1 = \frac{m.P}{288.4 \times 100} =$$

en donde:

M1 = molaridad de solución patrón de laurilsulfato de sodio.

100 = grado de conversión standard.

m = peso de la muestra de laurilsulfato sódico (1.15g).

P = pureza de laurilsulfato de sodio (96.55 %).

$$M1 = \frac{1.15 \times 96.55}{288.4 \times 100} = 0.00385$$

Solución detergente catiónico.

Formula:

$$MH = \frac{M1.25}{V} =$$

en donde:

MH = molaridad de la solución detergente catiónico.

M1 = molaridad de la solución de laurilsulfato de sodio (0.00385).

25 = grado de conversión standard.

V = volumen necesario para el viraje (9.85 ml).

$$MH = \frac{0.00385 \times 25}{9.85} = 0.00977$$

Materia Orgánica Total:

Formula:

$$MO = m \frac{100 \times 1000}{p \cdot V_2} =$$

en donde:

MO = materia orgánica total (%).

V₂ = volumen restante solución patrón (900 ml).

p = peso en gramos de la muestra original (10 g).

m = peso de la materia orgánica seca.

100 y 1000 = grados de conversión standard.

**CUADRO # 3. MATERIA ORGÁNICA TOTAL DE LOS
DETERGENTES ANALIZADOS.**

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
Peso de materia orgánica (gr.)	2.42	2.56	2.48	2.51
Materia Orgánica Total (%).	26.89	28.44	27.56	27.89

Elaborado por Los Autores.

Detergente A.

$$m_1 = 2.42 \text{ g}$$

$$MO_1 = 2.42 \times \frac{100 \times 1000}{10 \times 900} = 26.89$$

Detergente B.

$$m_2 = 2.56 \text{ g}$$

$$MO_2 = 2.56 \times \frac{100 \times 1000}{10 \times 900} = 28.44$$

Detergente C.

$$m_3 = 2.48 \text{ g}$$

$$MO_3 = 2.48 \times \frac{100 \times 1000}{10 \times 900} = 27.56$$

Detergente D.

$$m_4 = 2.51 \text{ g}$$

$$MO_4 = 2.42 \times \frac{100 \times 1000}{10 \times 900} = 27.89$$

Contenido de Detergentes Aniónicos.

Formula:

$$C = \frac{348 \cdot V_3 \cdot M_H \cdot 1000}{V_4} =$$

en donde:

C = contenido detergentes aniónicos.

M_H = molaridad solución detergente catiónico (0.00977).

384 = peso molecular promedio del jabón (dodecil-benceno-sulfonato sodico).

1000 = grado de conversión standard.

V_3 = volumen de la solución en blanco.

V_4 = volumen necesario para viraje de solución.

CUADRO # 4. CONTENIDO DE DETERGENTES ANIÓNICOS DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
V ₃ .	16.2	18.9	19.6	17.5
V ₄ .	18.8	20.5	21.2	19.6
Contenido detergtes aniónicos	3038	3135	3143	3036

Detergente A.

V₃ = 16.2 ml, V₄ = 18.8 ml

$$C_1 = \frac{348 \times 16.2 \times 0.00977 \times 1000}{18.8} = 3038.262$$

Detergente B.

V₃ = 18.9 ml, V₄ = 20.5 ml

$$C_2 = \frac{348 \times 18.9 \times 0.00977 \times 1000}{20.5} = 3134.597$$

Detergente C.

V₃ = 19.6 ml, V₄ = 21.2 ml

$$C_3 = \frac{348 \times 19.6 \times 0.00977 \times 1000}{21.2} = 3143.359$$

Detergente D.

V₃ = 17.5 ml, V₄ = 19.6 ml

$$C_4 = \frac{348 \times 17.5 \times 0.00977 \times 1000}{19.6} = 3035.679$$

Porcentaje de producto bruto.

Formula:

$$A = \frac{100.C}{V2.p} =$$

en donde:

A = porcentaje de producto bruto.

V2 = volumen restante de la solución patrón (900 ml).

p = peso de la muestra (10 g).

C = contenido detergentes aniónicos.

100 = grado de conversión standard.

CUADRO # 5. % DE PRODUCTO BRUTO DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
Contenido de detergentes aniónicos.	3038	3135	3143	3036
Porcentaje de producto bruto (%).	33.76	34.83	34.93	33.73

Elaborado por Los Autores.

Detergente A.

$$C_1 = 3038.262$$

$$A_1 = \frac{100 \times 3038.262}{900 \times 10} = 33.76 \%$$

Detergente B.

$$C_2 = 3134.597$$

$$A_2 = \frac{100 \times 3134.597}{900 \times 10} = 34.83 \%$$

Detergente C.

$$C_3 = 3143.359$$

$$A_3 = \frac{100 \times 3143.359}{900 \times 10} = 34.93 \%$$

Detergente D.

$$C_4 = 3035.679$$

$$A_4 = \frac{100 \times 3035.679}{900 \times 10} = 33.73 \%$$

Porcentaje de biodegradación.

El porcentaje de biodegradación se basa en el calculo de la relación DBO/DQO con lo cual presentamos el

comportamiento de la relación de la demanda bioquímica de oxígeno versus la demanda química de oxígeno, y su relación nos indica el porcentaje de biodegradación correspondiente, como lo dice la norma ASTM 2667.

Calculo de la relación DBO/DQO.

Cuadro # 6. Análisis DBO, DQO y relación DBO/DQO

Detergente A

DÍAS	DBO	DQO	DBO/DQO
5	3195	7259	44.01
10	3495	8720	40.08
15	3645	8674	42.02
21	3945	7305	54.00

Elaborado por Los Autores.

Cuadro # 7. Análisis DBO, DQO y relación DBO/DQO.

Detergente B

DÍAS	DBO	DQO	DBO/DQO
5	2745	6950	39.50
10	3195	6509	49.09
15	3498	7798	44.85
21	3795	6900	55.00

Elaborado por Los Autores.

Cuadro # 8. Análisis DBO, DQO y relación DBO/DQO

Detergente C

DÍAS	DBO	DQO	DBO/DQO
5	3348	8031	41.69
10	3649	6015	52.45
15	3795	7513	60.67
21	4095	8029	51.00

Elaborado por Los Autores

Cuadro # 9. Análisis DBO, DQO y relación DBO/DQO.

Detergente D

DÍAS	DBO	DQO	DBO/DQO
5	3495	8185	48.20
10	3348	5502	60.85
15	3945	7297	54.06
21	4245	7718	55.00

Elaborado por Los Autores.

Verificación de relación DBO/DQO > 60 %.

Los análisis se basaron en la normas:

- ❖ STANDARD METHODS FOR EXAMINACIÓN OF WATER AND WASTEWATER 20TH EDITION DE LA AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION (APHA), AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION (AWWA), WATER ENVIRONMENT FEDERATION (WEF).

Que indica que en la relación DBO/DQO > 60 % de cualquier sustancia a los 21 días, este producto será biodegradable.

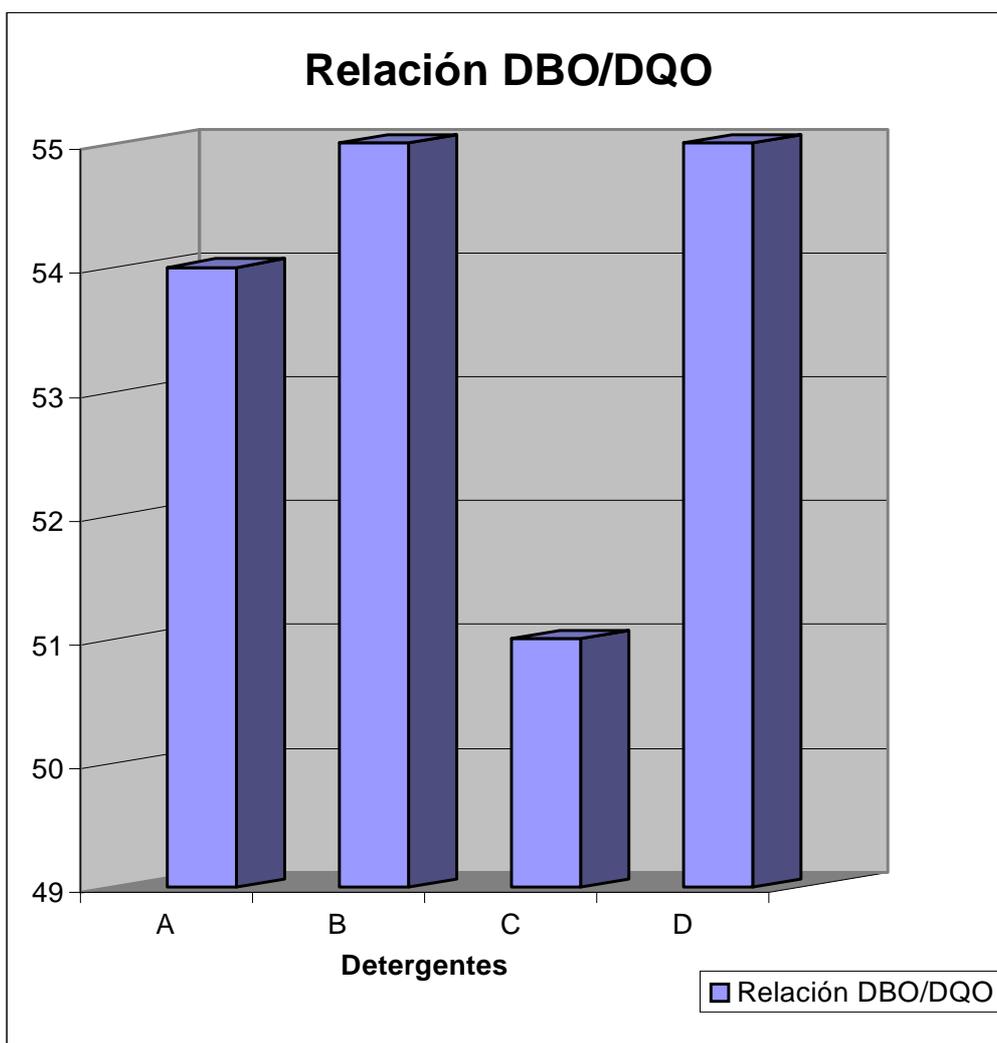
Con esto realizamos la siguiente verificación:

CUADRO # 10. RELACIÓN DBO/DQO DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Detergente	Relación DBO/DQO Porcentaje de biodegradación.
A	54 %
B	55 %
C	51 %
D	55 %

Elaborado por Los Autores.

FIGURA # 1. RELACIÓN DBO/DQO DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.



Elaborado por Los Autores.

Sustancias activas al azul de metileno SAAM.

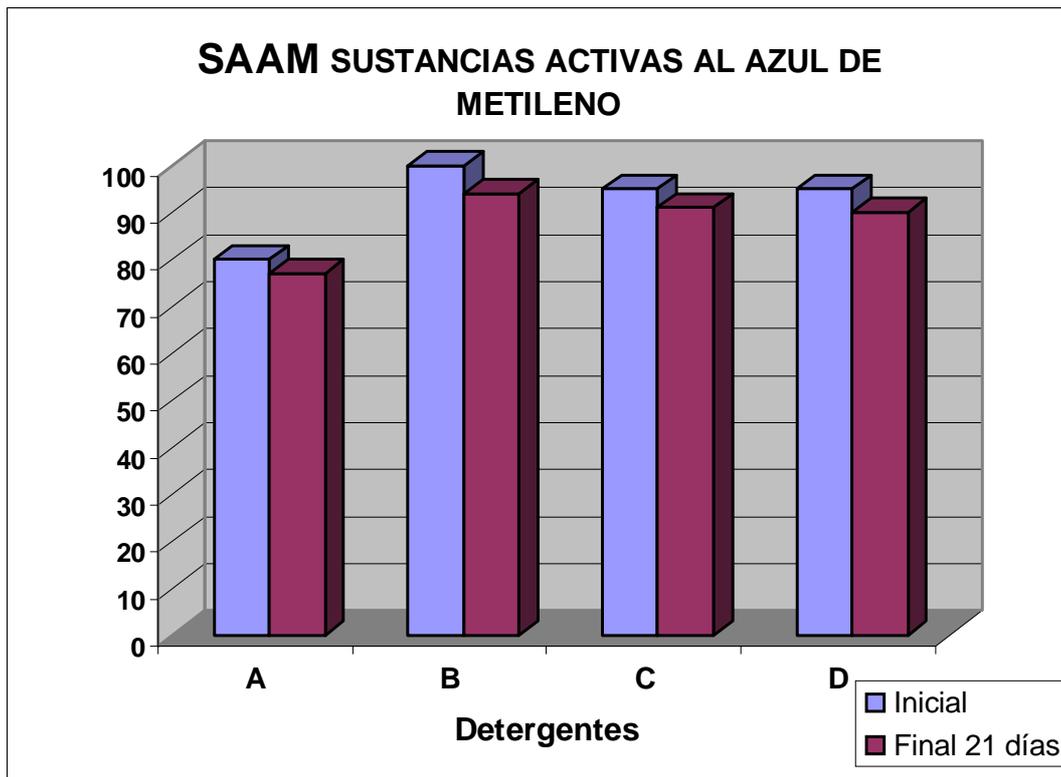
CUADRO # 11. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Detergentes	SAAM Sustancias activas al azul de metileno.	
	Inicial.	Final 21 días.
A	80 mg/lt	77 mg/lt

B	100 mg/lt	94 mg/lt
C	95 mg/lt	91 mg/lt
D	95 mg/lt	90 mg/lt

Elaborado: Los Autores.

FIGURA # 2. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.



Elaborado por Los Autores.

CAPITULO 5

RESULTADOS Y ANÁLISIS DE RESULTADOS

ANÁLISIS DE RESULTADOS.

5.1 Análisis Granulométrico.

- Los 4 detergentes, se encontraron que están dentro del rango de 40 a 60 % y en los 400 μm , respetando los parámetros según la normas INEN 844 y 849.
- La densidad granulométrica de los detergentes varia de los 0.508 hasta los 0.527 gramos por centímetro cúbico, y estos valores se encuentran dentro de rango del parámetro que es 0.5 +/- 0.03, según la normas INEN 844 y 849.

TABLA # 1. ANÁLISIS GRANULOMETRICO DE LOS DETERGENTES.

Porcentaje %	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
400 μm	54	49	50	45

Elaborado por Los Autores.

5.2 Contenido de Jabón.

- Para todos los detergentes, el rango del contenido de jabón estuvo entre los 8,8 y 9,5 por ciento, esto se debe a que los detergentes tienen que ser de carácter alcalino

para poder reaccionar con las fibras de las prendas y desalojar las partículas de suciedad y grasa.

- Todos los parámetros físico-químicos analizados se basan en las normas INEN 844 y 849.

TABLA # 2. CONTENIDO DE JABON DE LOS DETERGENTES ANALIZADOS.

Descripción.	Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
Contenido de jabón(%).	9.37	9.50	8.84	9.43

Elaborado por los Autores.

5.3 Materia Orgánica.

- El contenido de materia orgánica en los detergentes, están entre el 26 % y el 29.5 %; este contenido de materia orgánica comprende los compuestos que no reaccionan, y dependen de la fórmula particular de cada mezcla, como está estipulado en las normas INEN 844 y 849.
- El contenido de materia orgánica máximo lo contiene el detergente C, según las normas INEN 844 y 849.

- La prueba de porcentaje de producto bruto varia 33.7 a los 35.0 %, este porcentaje comprende el peso bruto de referencia, como se estipula en la normas INEN 844 y 849.

TABLA # 3. PORCENTAJE PRODUCTO BRUTO DEL DETERGENTE.

Detergente	A	B	C	D
Porcentaje de producto bruto (%).	33.76	34.83	34.93	33.73

Elaborado por Los Autores.

- En lo que respecta al contenido de detergentes aniónicos varían de 3035 a 3145 en las muestras analizadas.

TABLA # 4. CONTENIDO DE DETERGENTE ANIONICO.

Detergente	A	B	C	D
Contenido de detergentes aniónicos.	3038	3135	3144	3036

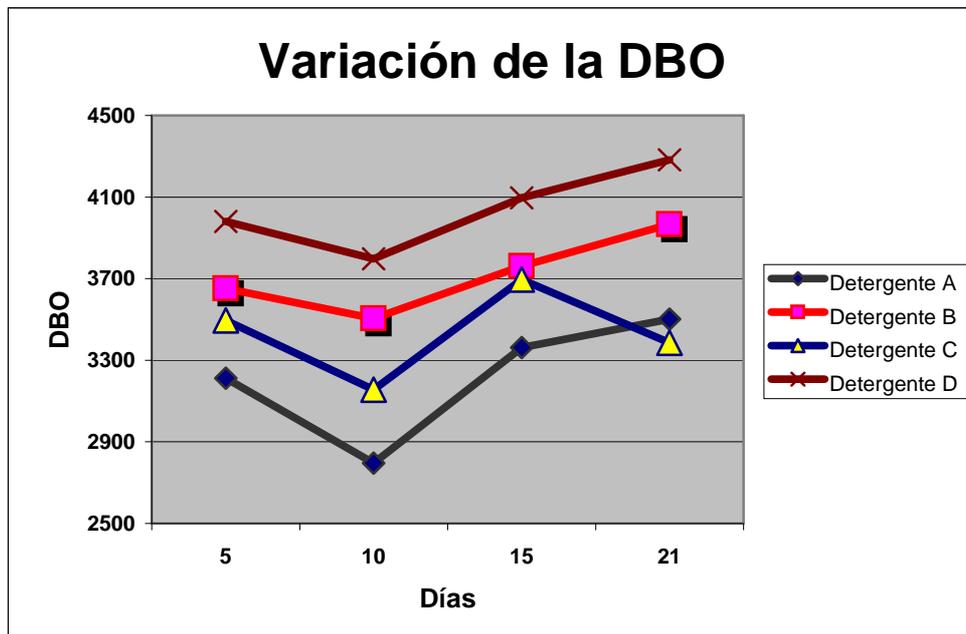
Elaborado por Los Autores.

5.4 DBO.

- Todos los resultados de la presente investigación, corresponden a los análisis efectuados en los laboratorios de CENIA C. Ltda.

- La DBO los detergentes A, B y D tienen un mismo comportamiento, debido al alta incidencia del tensoactivo, tal como se puede observar en la grafica # 1.
- En el caso del detergente C, existe una disminución de la DBO, del día 15 al 21, probablemente esto se deba a que en este periodo se alcanzo la máxima demanda de oxigeno y luego comienza a decrecer el contenido de materia orgánica.

GRAFICA # 1. VARIACIÓN DEL NUMERO DE DBO DE LOS DETERGENTES.



Elaborado: Los Autores.

- Tomando como referencia, que las muestras fueron preparadas a una dilución equivalente al uso de los productos para lavado y enjuague, se tiene que la DBO_5 inicial, para cada uno de ellos sobrepasan el limite requerido por el Municipio de Guayaquil, que es de 250 mg/lt, de acuerdo a la ley de control vigente.

TABLA # 5. DEMANDA BIOLÓGICA DE LOS DETERGENTES.

DEMANDA BIOLÓGICA DE OXIGENO INICIAL, DBO_5			
Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
3195	2745	3348	3495

Elaborado por Los Autores.

5.5 DQO.

- En los análisis de DQO, los valores sobrepasan los limites requeridos por el Municipio de Guayaquil, que son de 500 mg/lt, y estos están en el rango de 5000 a 8200 mg/lt.

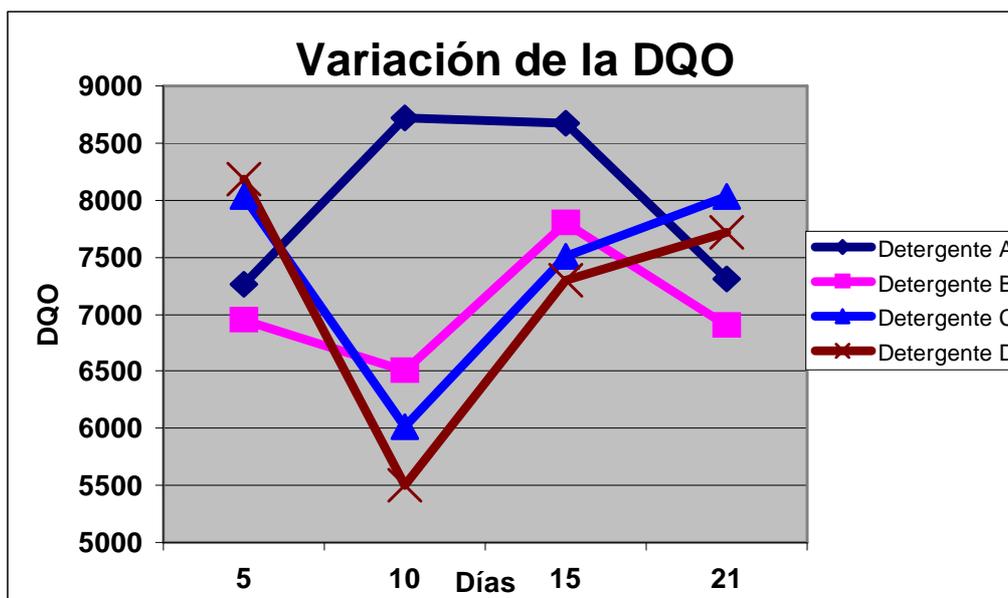
TABLA # 6. DEMANDA QUÍMICA DE LOS DETERGENTES.

DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO INICIAL, DQO			
Detergente A	Detergente B	Detergente C	Detergente D
7259	6950	8031	8185

Elaborado por Los Autores.

- En todos los detergentes figura una alta Demanda de Oxígeno, ya sea esta Química o Bioquímica, fomentando la eutroficación.

GRAFICA # 2. VARIACIÓN DEL NÚMERO DE DQO DE LOS DETERGENTES.



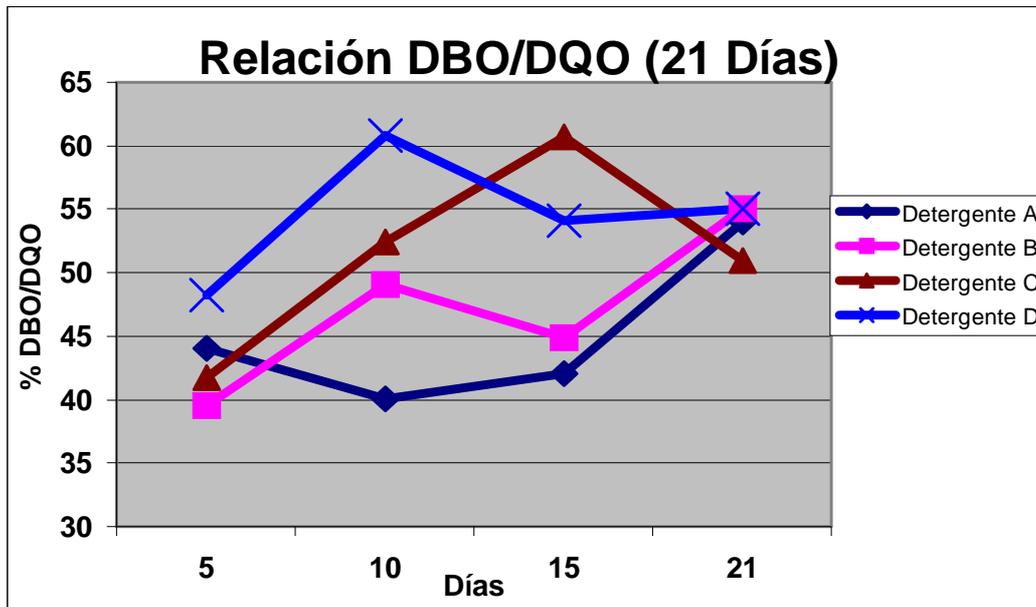
Elaborado por Los Autores.

- En lo que respecta a las curvas de la DQO, están tienen un mismo comportamiento, los detergentes C y D en similitud hasta el día 21.
- El detergente A tiene su máxima demanda de Oxígeno al día 10, después comienza a decaer al no necesitar mas Oxígeno.
- Con el detergente B, desde el día 5 al 10 sufre un decaimiento que después vuelve a incrementarse, pero a partir del día 15 decae nuevamente, ya que la demanda de Oxígeno fue menor, como se puede observar en la grafica # 2.

5.6 Relación DBO/DQO₂₁.

- Aunque la Demanda de Oxígeno es grande, los detergentes bajo el parámetro DBO/DQO₂₁ no son considerados biodegradables, puesto que todos tienen % menor al 60 %.
- Los detergentes B y D, con 55% de biodegradabilidad, son aquellos que menor impacto tiene sobre el medio ambiente; en tanto que el detergente A, solo tiene 54% de biodegradabilidad y por ultimo el detergente C con 51%.
- Se observa que las tendencias a ascender y luego a decaer, se deben al cambio de la DBO y la DQO, como se puede observar en la gráfica, es por motivo del alto contenido del agente activo, lo que genera mayor demanda de OXIGENO.

**GRAFICA # 3. VARIACIÓN DEL LA RELACIÓN DBO/DQO DE LOS
DETERGENTES.**



Elaborado por Los Autores.

5.7 Norma SAAM

- Con lo que respecta a los análisis iniciales de SAAM, todos los detergentes tienen valores que sobrepasan el limite exigido por el Municipio de Guayaquil, que es de 2 mg/lt. Ver tabla # 1.

TABLA # 7. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO INICIAL.

Detergente.	SAAM
	Inicial. mg/lt
A	80
B	100
C	95
D	95

Elaborado por Los Autores.

- Así mismo con lo que respecta a los análisis finales a los 21 días de SAAM, los valores sobrepasan los límites requeridos por el Municipio de Guayaquil, que son de 2 mg/lt.

TABLA # 8. SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO FINAL.

Detergente	SAAM
	Final 21 días. mg/lt
A	77
B	94
C	91
D	90

Elaborado por Los Autores.

- En las muestras analizadas con bacterias durante 21 días, que se presentan en la tabla # 2 y se desprende que todos los detergentes sobrepasan el máximo permisible.

NOTA. El valor de 2 mg/lt, tomado como referencia por el M. I. Municipio de Guayaquil que corresponde a una agua tratada, esta determinado por la norma mexicana que se aplica al sector ecuatoriano.

- En relación a la estabilidad relativa al azul de metileno, los detergentes A, B, C y D; de acuerdo con este criterio, el detergente C prácticamente no es biodegradable, el detergente D tiene el máximo degradable que es de 40 %, y le siguen el A con 35 %, después el B con 30 %.

TABLA # 3. ESTABILIDAD RELATIVA DE LOS DETERGENTES.

Detergente	A	B	C	D
Estabilidad Relativa.	35	30	0	40

Elaborado por Los Autores.

CAPÍTULO 6

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

- En nuestro país el 99 % de la población utiliza algún tipo de detergente ya sea para lavar la ropa o para cualquier función de limpieza.
- Para efectuar un debido control de contenido de tensoactivos en las aguas residuales domesticas e industriales se debe intensificar el monitoreo de las descargas industriales u de las lagunas de oxidación de Interagua.
- Bajo la norma ASTM, y en la relación DBO/DQO cada uno de los cuatro detergentes analizados, el que aparentaba ser biodegradable es el detergente identificado con la letra D.
- Bajo la norma SAAM, los detergentes tienen valores por encima del rango de aceptación, con lo que se concluye que **NO SON BIODEGRADABLES.**

- Al evaluar en estos mismos detergentes comerciales la biodegradabilidad relativa todos estos detergentes no son biodegradables.

- Uno de los principales compuestos químicos que reaccionan con el ambiente es el surfactante (jabón), el cual secuestra el Oxígeno presente en las aguas y en el aire.

- Debido a que otros componentes como son los esteres y pertenecen al grupo de los aniónicos, secuestran principalmente al Hidrógeno que forma parte del agua estancada y así se produce la pudrición del agua.

- Las sales, ácidos y bases presentes como componentes de relleno, someten a los organismos unicelulares del medio ambiente a cambios bruscos en el pH, con lo que hacen corto su ciclo de vida.

- En general los detergentes de este tipo, no respetan al medio ambiente ya que producen cambios en la flora y la fauna, inhibiendo a los organismos más pequeños

que son alimentos de los más grandes, obligándolos a desaparecer.

- Debido a la formación de espumas, estos inhiben o paralizan los procesos de depuración natural (o artificial), estos concentran las impurezas y pueden diseminar las bacterias y los virus.

- El sabor a jabón que se detecta para contenidos netamente superiores al umbral de formación de espuma, ya que no funcionan los procesos de recuperación del agua, en los tanques de Interagua.

- Sin embargo hasta el momento, estos tensoactivos, dadas sus características de precio y su condición de fabricación nacional, resultan ser irremplazables.

- Todas las descargas de aguas residuales urbanas, que son desalojadas a los sistemas naturales de recepción, como ríos, lagos y el mar, están siendo contaminadas en nuestro país por estos detergentes.

Recomendaciones.

- El INEN debería establecer las pruebas de biodegradabilidad, tanto para la formulación de tensoactivos domésticos biodegradables, el cumplimiento en la relación DBO/DQO, como en la norma SAAM.
- Recomendamos el uso de detergentes que sean bajos en el contenido de fosfatos.
- Que el INEN normalice las especificaciones del contenido de productos activos y materia orgánica, con la finalidad de minimizar el impacto ambiental de las descargas con detergentes.
- Que Interagua amplíe y mejore sus procesos de tratamiento de las aguas residuales de la red de alcantarillado público de la ciudad de Guayaquil.
- Organizar una campaña preventiva para que los usuarios utilicen solo los detergentes que sean biodegradables.
- Se recomienda un menor uso del detergente por el aumento progresivo del contenido de boro en las aguas

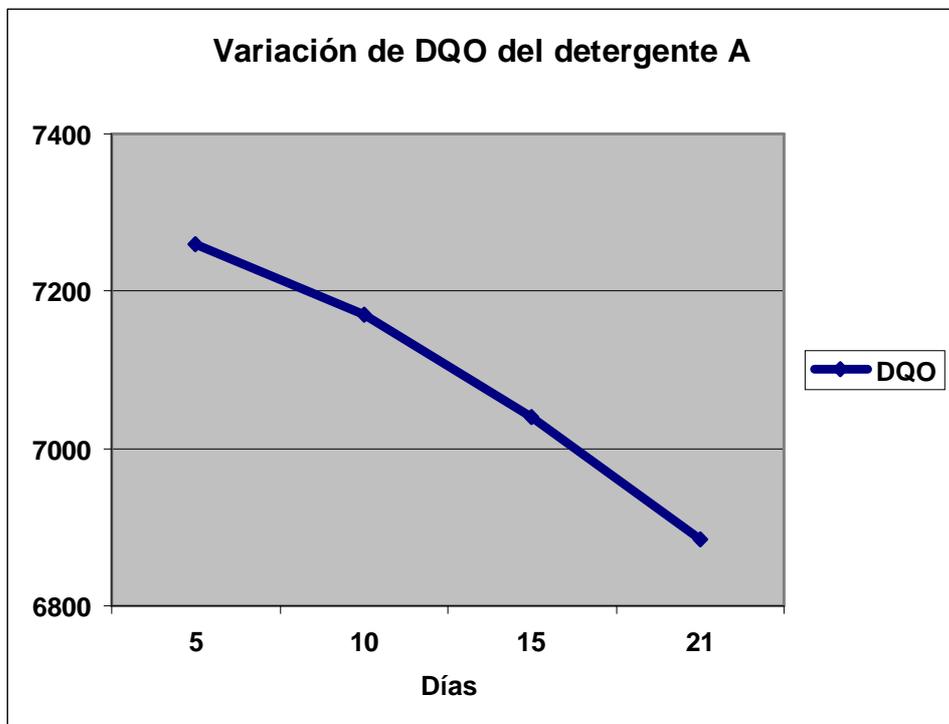
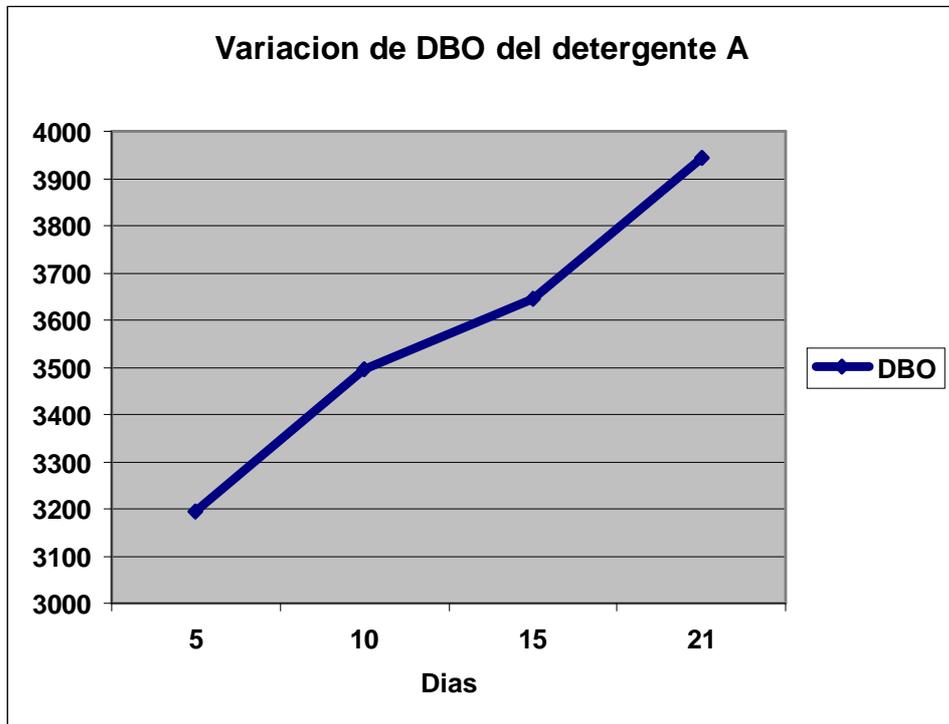
superficiales y profundas, procedente de las grandes cantidades de perborato sódico utilizado en determinados tensoactivos.

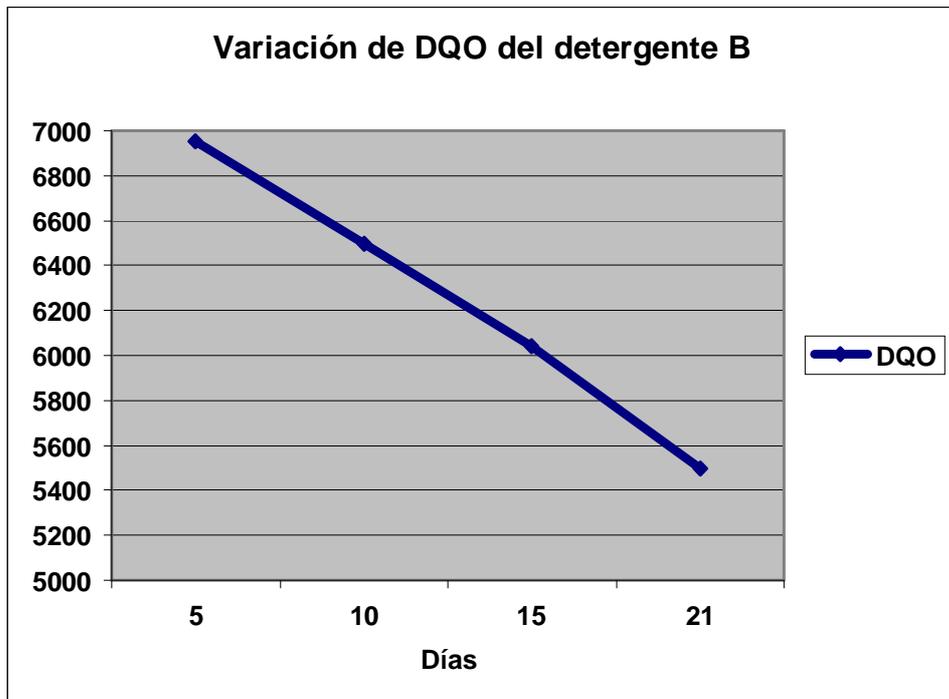
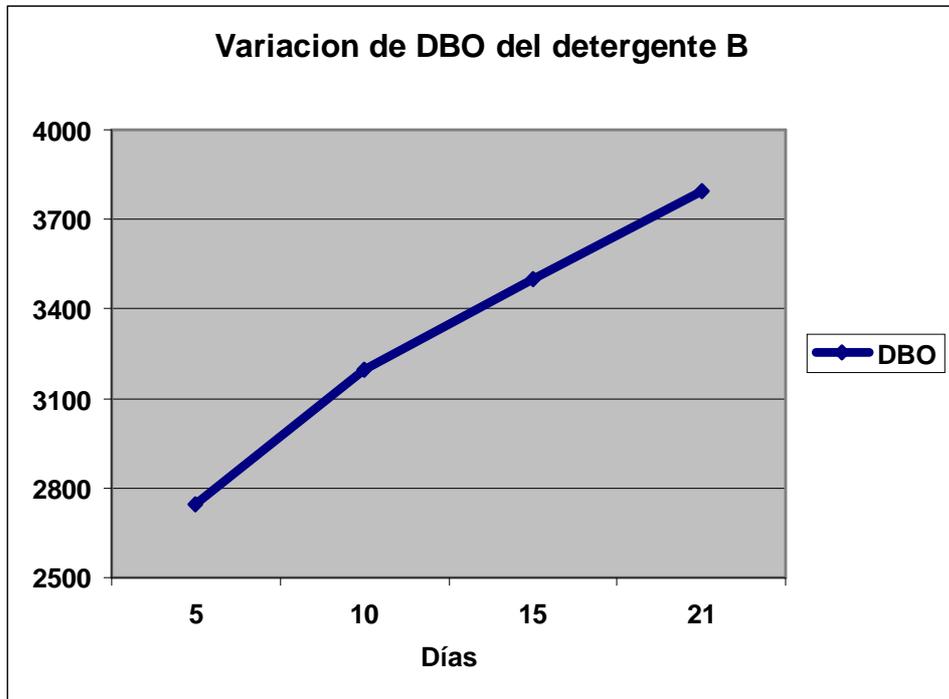
- Ya que los detergentes se sintetizan y los principales efectos son considerados perjudiciales en el uso indiscriminado de sustancias tensoactivas, debemos ampararnos a la dosis recomendada por el fabricante.
- Por ello y considerando las tendencias internacionales, entendemos que en nuestro país, en un futuro cercano, los APEO (alquil fenol oxietilenados) deberían ser sustituidos por alternativas menos contaminantes, tales como alcoholes grasos polioxietilenados..
- Se debe realizar un mejor control porque, se puedan encontrar en las descargas finales, sustancias fenólicas originadas por la descomposición de estos tensoactivos,.
- Si el efluente del desagüe contiene un nivel alto de tensoactivos, se recomienda efectuar un tratamiento previo a su descarga.
- Exigir el cambio de la formulación de los detergentes comerciales, con compuestos biodegradables, que

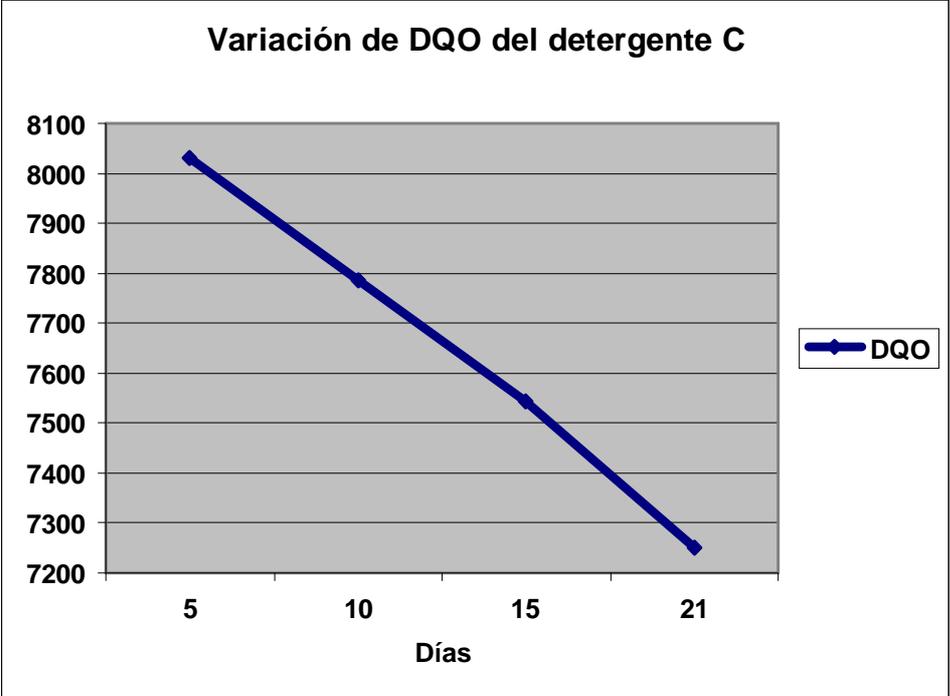
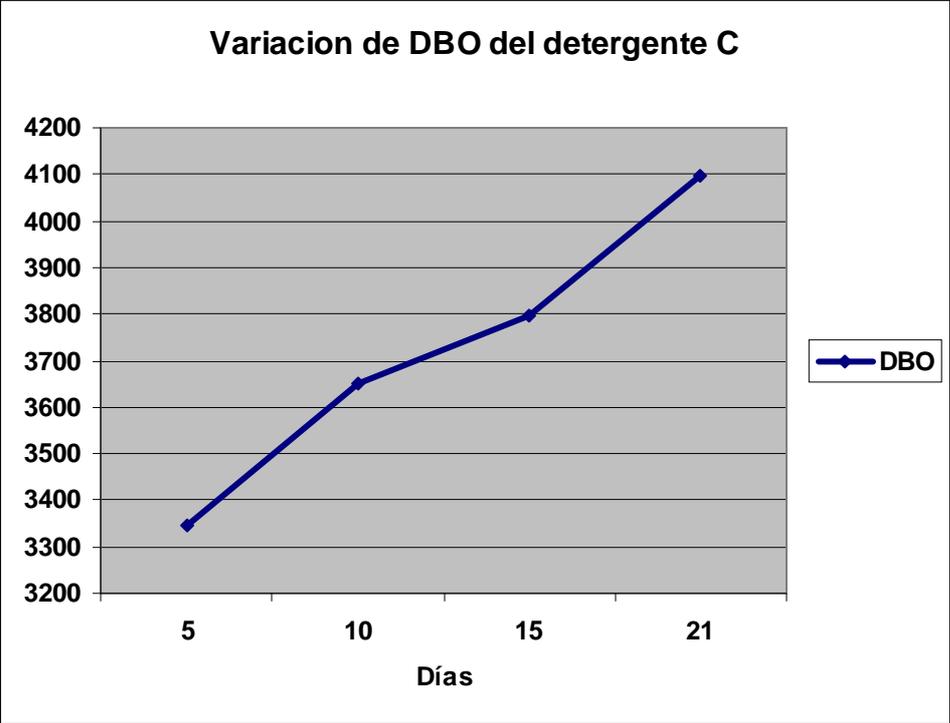
garanticen su biodegradabilidad mínima del 60 % y una reducción de las sustancias SAAM del nivel del 80%.

- Se recomienda que la Universidad de Guayaquil, dentro de los programas de investigación promuevan y financien un proyecto para la evaluación de biodegradabilidad de todos los detergentes de fabricación Nacional.

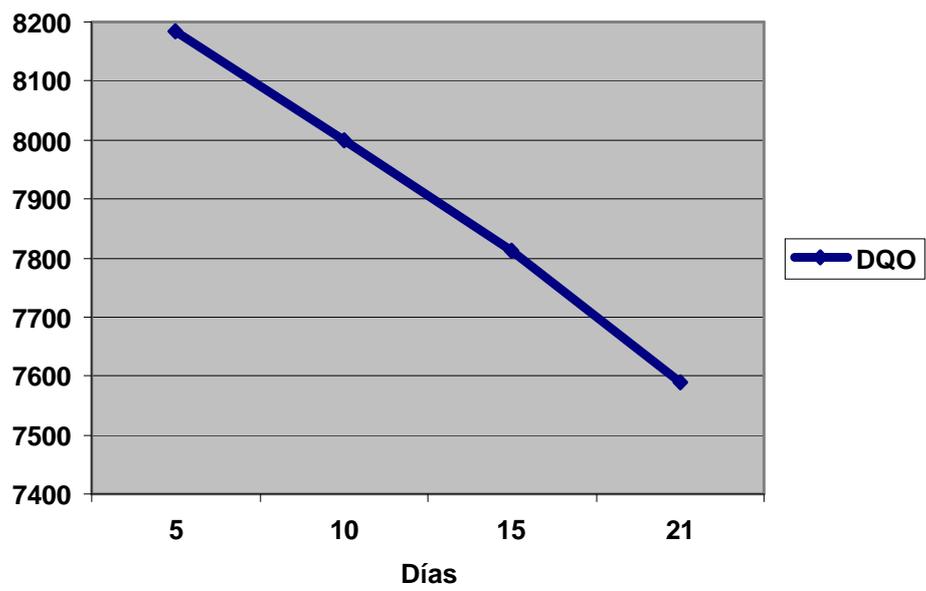
ANEXOS







Variación de DQO del detergente D



NORMATIVAS.

PROCEDIMIENTOS.

**GRAFICAS REPRESENTATIVAS
DE CADA DETERGENTE.**

ANÁLISIS DE LABORATORIO.