

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y AMBIENTALES

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

Realizado por:

DAYANA MAGALI PARRA VEGA

Director del proyecto:

MSc. Walberto Gallegos Eras

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERA AMBIENTAL

Quito, 23 de agosto de 2019

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

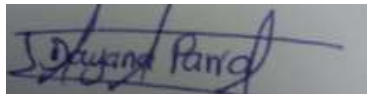
**“DETERMINACION DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27

DECLARACIÓN JURAMENTADA

Yo, DAYANA MAGALI PARRA VEGA, con cédula de identidad número 172708578-7, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado a calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.



FIRMA

172708578-7

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

28

29

30

DECLARATORIA

31

El presente trabajo de investigación titulado:

32

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

33

34

35

Realizado por:

36

DAYANA MAGALI PARRA VEGA

37

como Requisito para la Obtención del Título de:

38

INGENIERA AMBIENTAL

39

ha sido dirigido por el profesor

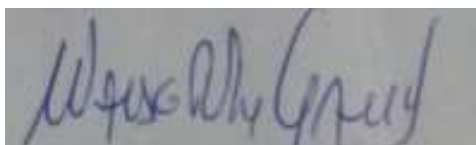
40

WALBERTO GALLEGOS ERAS

41

quien considera que constituye un trabajo original de su autor

42



43

44

FIRMA

45

46

47

48

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

49

50

51

LOS PROFESORES INFORMANTES

52

Los Profesores Informantes:

53

54

KATTY CORAL

55

56

JOHANNA MEDRANO

57

58

Después de revisar el trabajo presentado,

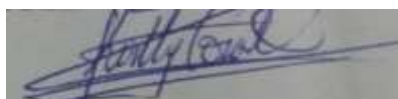
59

lo han calificado como apto para su defensa oral ante

60

el tribunal examinador

61



62



63

FIRMA

FIRMA

64

65

Quito, 23 de agosto de 2019

66

67

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

68

69

70 El presente Trabajo de Fin de Carrera ha sido realizado dentro del Programa de Investigación
71 de la Universidad Internacional SEK denominado:

72

73 **BIODIVERSIDAD Y RECURSOS NATURALES APLICADOS A LA GESTIÓN**
74 **AMBIENTAL Y LA BIOTECNOLOGÍA**

75

76 Pertenece a la Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales.

77

78

79

80

81

82

83

84

85

86

87

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

88

89

90

91

92

93

DEDICATORIA

94

A Dios.

95

A Julián y Alberto por ser el motor de mi vida.

96

A mis padres por ser un pilar fundamental y un gran ejemplo.

97

A mi hermana por ser cómplice de cada uno de mis logros.

98

A mis amigos porque juntos recorrimos este camino lleno de aventuras.

99

100

101

102

103

104

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

105

106

107

108

AGRADECIMIENTO

109 A mi familia por estar a mi lado en este largo camino que he recorrido hasta este momento

110 para cumplir una de las metas más importantes de mi vida.

111 A ti, Beto. Gracias por tu apoyo, amor y sobre todo por ser quien me ha retado a ser mejor

112 persona cada día y me ha ayudado a crecer como persona.

113 A Julián. Porque él ha sido mi impulso para esforzarme en la realización de este trabajo.

114 A Walberto Gallegos, Katty Coral, Johanna Medrano e Irina Moncayo por sus valiosas

115 aportaciones a lo largo de este proyecto, junto con todos los profesores de la Universidad

116 Internacional SEK que ayudaron a mi formación profesional.

117 A mis amigos Alejandra, Jorge, Juan Diego, Johanna, David, Nicole, Víctor, María José,

118 Daniela y Carolina quienes me han acompañado a lo largo de este viaje lleno de aventuras y

119 aprendizaje. Gracias por hacer de estos años los más valiosos de mi vida.

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

Para someter a:

To be submitted:

**Determinación de biodegradabilidad de detergentes comerciales mediante
tratamientos biológicos.**

Dayana Parra¹, Walberto Gallegos ¹

¹ Universidad Internacional SEK, Facultad de Ciencias Naturales y Ambientales, Quito,

Ecuador. 26/08/2019 7:51:55

² Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento

*AUTOR DE CORRESPONDENCIA: MSc Walberto Gallegos.

Universidad Internacional SEK,

Facultad de Ciencias Ambientales y Naturales, Quito, Ecuador.

Teléfono: 0987922521; email: walberto.gallegos@uisek.edu.ec

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Resumen

De acuerdo al alcance de esta investigación se menciona de manera general la historia y el uso de los detergentes, sus formulaciones y los efectos que estos pueden ocasionar en los medios acuáticos. Además, se detallan procedimientos de las pruebas realizadas a detergentes que se seleccionaron mediante la aplicación de una encuesta a una población de 34 personas encargadas de la limpieza tanto en el hogar como en empresas. Entre las pruebas realizadas se efectuó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) y la Demanda Química de Oxígeno (DQO), surfactantes aniónicos, pH y conductividad, todos por metodología estándar para agua residual.

El método de evaluación que se aplicó para la biodegradabilidad de tensoactivos es el de la norma ASTM 2667. Los resultados obtenidos, indican que ninguno de los detergentes comerciales seleccionados alcanzó el 65% en la relación DBO/DQO durante el periodo de 21 días para ser considerado como un producto biodegradable en referencia a lo que indica la norma aplicada para el estudio.

Palabras clave: detergentes, biodegradabilidad, eutrofización, tensoactivo aniónico, contaminación.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Abstract

According to the scope of this research, the history and use of detergents, their formulations and the effects they can cause on aquatic environments are generally mentioned. In addition, procedures of the tests carried out on detergents that were selected by applying a survey to a population of 34 people in charge of cleaning are detailed. Among the tests carried out, the Biochemical Oxygen Demand (BOD) and the Chemical Oxygen Demand (COD), anionic surfactants, pH and conductivity all were performed by standard methodology for wastewater.

The evaluation method that was applied for the biodegradability of surfactants is that of ASTM 2667. The results obtained indicate that none of the commercial detergents selected reached 65% in the BOD / COD ratio during the 21-day period to be considered as a biodegradable product in reference to what the standard applied for the study indicates.

Keywords: detergents, biodegradability, eutrophication, anionic surfactant, pollution.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Introducción

Los detergentes son indispensables en las actividades de limpieza del hogar. Son productos químicos con fórmulas complejas. Fue durante la Primera Guerra Mundial, hace ya un siglo, cuando las circunstancias de la economía alemana destinaron el sebo animal a otros usos, y aparecieron los primeros detergentes sintéticos (Verano, 2013). Las lavadoras eléctricas y los detergentes producidos industrialmente no complican la vida, al contrario, la facilitan; sin embargo, sus ingredientes afectan considerablemente la vida de los ecosistemas acuáticos.

Los detergentes son surfactantes sintéticos o tensoactivos, ya que en solución tienden a disminuir el ángulo de contacto entre dos fases y con esto afectan la tensión superficial del agua para lograr el efecto de limpieza. Se obtienen mediante procesos y reacciones químicas, por ejemplo: sulfonación, sulfatación, neutralización, cuaternización, alcoxilación, entre otras (STEPAN, 2014).

Durante la Segunda Guerra Mundial, ante la necesidad de obtener jabones solubles en agua de mar, se comenzó la fabricación de detergentes. Al aumentar la demanda, aparecieron detergentes de muy bajo costo elaborados a partir de compuestos de petróleo: los alquilbencensulfanatos (ABS). Hubo una década de niveles muy altos de venta, empezó a aparecer espuma en la superficie de las aguas residuales y, en algunas regiones, hasta en el agua potable (Regla *et al*, 2014).

El agua contaminada de una gran ciudad se cataloga en aguas industriales y domésticas, en éstas se encuentran los detergentes. La mayoría de los detergentes sintéticos son contaminantes persistentes debido a que no son descompuestos fácilmente por la acción bacteriana (FAA, 2009). Los detergentes después de ser utilizados en la limpieza doméstica e industrial se descargan a las alcantarillas y se convierten en fuente

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

de contaminación ya que posteriormente llegan a ríos y quebradas (Agua, 2007). Los problemas ambientales de los detergentes radican, fundamentalmente, en los aditivos que forman parte de su formulación, como los blanqueadores, abrillantadores ópticos, perfumes, bactericidas y agentes espumantes (Moukalled, 2015).

Muchos detergentes contienen agentes anti bacteriales, que no tienen ninguna utilidad práctica, en cambio pueden causar problemas a la vida bacteriana acuática, alterando el equilibrio biológico en las fuentes de agua (STEPAN, 2014). No existe seguimiento a la calidad de las descargas acuosas domiciliarias, siendo este importante aporte a la contaminación de las aguas, mientras que por regulación ambiental la industria se encuentra en la obligación de dar cumplimiento a los límites máximos permisibles, definidos por el Ministerio del Ambiente del Ecuador (MAE) con respecto a DBO, DQO y tensoactivos.

Existen diversas marcas de detergentes que son comercializados en el Ecuador, las de mayor acogida en el Distrito Metropolitano de Quito (DMQ) son: Deja y Ciclón según un estudio de mercado realizado en el año 2014 por la Secretaria de Ambiente. Estas marcas usan varios aditivos en su formulación y fabricación. Se puede observar en ríos de la ciudad de Quito, como el Machángara y Monjas la presencia de espuma en la superficie del agua siendo un indicativo de la presencia de detergente que no se ha podido degradar (El Comercio, 2017).

El componente activo del detergente, es similar al de un jabón, su molécula tiene larga cadena lipófila y terminación hidrófila. Suele ser un producto sintético normalmente derivado del petróleo. (Benemérita, 2014). La acción detergente es el resultado de propiedades humectantes y emulsionantes, que confiere la facultad de disolver, poner en suspensión, neutralizar y emulsionar manchas y suciedad. Dichas

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

características no se obtienen generalmente con un producto único, sino con una formulación equilibrada (ESSIOD, 2009).

Los tensoactivos son ingredientes fundamentales de los detergentes y se clasifican en cuatro grandes grupos atendiendo a la naturaleza del grupo hidrofílico o polar: aniónicos, no iónicos, catiónicos y anfóteros (Semanart, 2009). Según Benemérita (2014) las proporciones en que los distintos componentes entran en la composición de los detergentes en estudio y que se consumen en el DMQ aproximadamente se muestran en la tabla 1:

Tabla 1. Composición de los detergentes en estudio

Ingrediente	Porcentaje (%)
tensoactivo	15
polifosfato + silicato	30
perborato sódico	20
Fluorescente	0,1
sulfato sódico	20
enzimas	0,5
agua	15
Total	100

Autor: Benemérita (2014)

Las dos marcas de detergentes elegidas por ser las de mayor consumo en el DMQ no cuentan con todos los componentes mencionados en el cuadro anterior. Los detergentes que se consumen actualmente en el DMQ, están ligados a efectos en la contaminación de los cuerpos de agua que tienden a eliminar la vida acuática en dichos ecosistemas. Con el objetivo de disminuir el impacto ambiental, por esta problemática se requiere que “la población consuma detergentes que sean capaces de hacer buen trabajo respecto a limpieza y que sean por lo menos 65% biodegradables” (Almajer, 2004).

Los detergentes biodegradables, llamados químicamente alquilsulfonatos lineales (LAS), contienen cadenas lineales de átomos de carbono que son fácilmente

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

descompuestas por microorganismos que producen enzimas que degradan la molécula separando dos átomos de carbono a la vez (Semanart, 2009). Los detergentes que se han seleccionado para realizar la prueba de biodegradabilidad presenta los componentes que se enlista en la Tabla 2.

Tabla 2. Composición de los detergentes en estudio

Producto Químico de la formulación	A y A1	B y B1
Sulfato de sodio anhidro	√	√
Carbonato de sodio	√	√
Dodecil bencen sulfonato de sodio lineal	√	√
Silicato de sodio	√	√
Agua	√	√
Gránulos de colores	√	√
Blanqueador óptico	√	√
Enzimas	√	√
Perfume	√	√
Bicarbonato de sodio	√	
Ayudas de proceso	√	
Bentonita	√	
Secuestrante	√	
Agente anti-redepositante	√	
Ftalocianina	√	
Zeolita		√
Citrato		√
Fosfato		√
Alfa olefin		√
Sulfonato		√
Hidrosilicato de aluminio		√
Poliacrilato		√
Carboxi Metil Celulosa		√

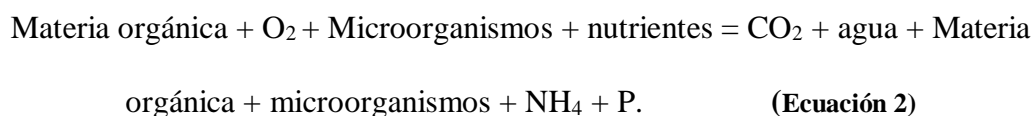
Fuente: Autora

Para minimizar el impacto ambiental que ocasionan los detergentes, pueden utilizarse tratamientos biológicos, que en algunos casos son preferidos, ya que tienen mayores rendimientos con menores costes económicos de explotación y mantenimiento, destruyen completamente contaminantes, transformándolos en sustancias inocuas como nitrógeno molecular y agua, además gases como dióxido de carbono y metano. La mineralización de compuestos contaminantes mediante microorganismos es, por tanto, un proceso destructivo completo (Daphne, 1994). Como su nombre indica, los

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

tratamientos biológicos de aguas residuales se basan en el empleo de microorganismos, en su gran mayoría bacterias, para la depuración de las mismas.

Los ingredientes que contaminan el agua, constituyen el sustrato o alimento de la comunidad de microorganismos, constituyendo un reactor biológico. En estos reactores deben mantenerse condiciones ambientales para permitir el desarrollo óptimo de la biocenosis (Aranáiz, 2000). Un proceso biológico aerobio es un proceso realizado por diversos grupos de microorganismos, principalmente bacterias y protozoos que, en presencia de oxígeno actúan sobre la materia orgánica disuelta, transformándola en productos finales inocuos y materia celular como se observa en la Ecuación 2, referente a la formula general de digestión aerobia (Peralta, 2005).



Evidentemente, los tratamientos biológicos estarán limitados cuando los afluentes a tratar contengan moléculas xenobióticas, inhibitorias, o tóxicas para el cultivo biológico, como pudieran ser partes de detergentes. El enriquecimiento en cultivos de microorganismos específicos o aclimatados y los tratamientos integrados son algunas de las estrategias posibles de biodegradación en estos casos (Scott y Ollis, 1995). En este tema de investigación se utilizó lodo que proviene del reactor biológico de la PTAR de Quitumbe.

La elaboración de este trabajo tuvo como objetivo determinar si los detergentes comerciales que se consumen en el Distrito Metropolitano de Quito cuentan con propiedades biodegradativas, mediante la aplicación de la norma ASTM 2667 para la

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

evaluación de la relación entre DQO-DBO durante 21 días y conocer el porcentaje máximo de degradación al que pueden llegar.

Métodos

El área de trabajo fue el laboratorio de Procesos de la Universidad Internacional SEK en donde se llevaron a cabo los análisis de los parámetros físico- químicos de pH y conductividad eléctrica durante dos periodos de prueba con una duración de 21 días cada uno, para una mayor confiabilidad de resultados.

Previo al proceso de laboratorio se formuló una encuesta para recolectar información acerca de la cantidad de detergentes y volumen de agua que se usa para lavar la ropa, marca de detergentes más comercializados en el DMQ y el número de veces por semana que se lava la ropa.

Para determinar el número de población a la que se debe aplicar la encuesta se utilizó la siguiente fórmula para una población desconocida, la misma que está basada en el libro “Economía aplicada a los negocios y la economía” de Allen Webster:

$$n = \frac{Z^2 * P * Q}{D^2} \quad \text{Ecuación (1)}$$

En donde:

Z: nivel de confianza (95%)

P: probabilidad de éxito (10%)

Q: probabilidad de fracaso (90%)

D: precisión (10%)

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

El tamaño de la muestra al que se debe aplicar la encuesta fue de 34 personas enfocadas en actividades de lavado y limpieza tanto del hogar como en la industria.

Para obtener el porcentaje de biodegradación se realizó el proceso por medio de la norma ASTM D 2667, que es la prueba de biodegradabilidad ambiental para tensoactivos que toma como base la relación entre la Demanda Bioquímica de Oxígeno y la Demanda Química de Oxígeno. El procedimiento que se realizó fue medir el DBO y DQO del medio aerobio en evaluación, cada 5 días hasta completar el periodo de 21 días. Terminado el proceso, si la relación DBO/DQO a los 21 días es de 65%, se considera producto biodegradable.

Para la investigación se utilizó como inóculo (lodo activado) obtenido de los reactores biológicos de la PTAR Quitumbe, debido a que este lodo posee microorganismos no filamentosos que ayudan a la degradación de los tensoactivos. Otros parámetros que se analizaron fueron, tensoactivos, oxígeno disuelto, pH y conductividad, mediante los métodos estándares para aguas residuales.

Para el proceso de Demanda bioquímica de oxígeno (DBO) se colocó la muestra del medio aerobio en frascos Winkler de 300 mL. Previamente se realizó una dilución de la muestra 1-100, 10-100 y 23-100, se colocó una almohadilla que contiene los nutrientes y se realizó el proceso de incubación durante 5 días a 20°C y de igual forma a los 10 y 15 días, hasta completar el proceso de 21 días. Se midió el oxígeno disuelto (OD) antes y después de realizada la incubación y así mediante la diferencia entre el oxígeno disuelto (OD) inicial y final se calculó la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO).

Para el proceso de Demanda química de oxígeno (DQO) se calentó la muestra del medio aerobio en el digestor HACH durante dos horas con un agente oxidante potente, como el dicromato de potasio. De esta manera los orgánicos oxidables reaccionan, reduciendo el

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

ion de dicromato a un ion crómico de color verde. Terminando el proceso de digestión se deja enfriar las muestras para proceder a la lectura en el espectrofotómetro HACH DR 3800.

El método de surfactantes aniónicos consistió en tomar una muestra de 300 mL del medio aerobio y colocarlo en un embudo de separación en el cual también se colocó 10 mL de tampón sulfato y una almohadilla para tensoactivos, finalmente se colocó 30 mL de benceno, se agitó durante 30 segundos para que la muestra quede totalmente homogenizada, después se esperó aproximadamente 30 minutos para que se realice el proceso de separación en dos fases, en una celda de 25 mL se toma la fase superior y se realiza la lectura en el espectrofotómetro HACH DR 3800.

Para el proceso de pH y conductividad eléctrica se utilizó el multiparámetros HACH, introduciendo la sonda en el medio aerobio, durante unos segundos, hasta que se estabilice y se proceda a la lectura del potencial hidrógeno. En la tabla 3, se muestran los materiales y reactivos usados en la etapa experimental.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Tabla 3 Reactivos y materiales para el medio aerobio

Reactivo y materiales	Cantidad
NH ₄ Cl	4,5 g
K ₂ HPO ₄	1,5 g
MgSO ₄ *7H ₂ O	0,375 g
KCl	0,375 g
FeSO ₄ *7H ₂ O	0,003 g
Extracto de levadura	0,45 g
Agua	1,5 L
Inóculo	15,0 mL
Frascos de cristal	4
Vasos de precipitación	4
Agitador	1
Balanza	1
Canastilla	1
Incubadora	1

Fuente: Autora

Resultados

Como se indicó en la metodología, para calcular el número de personas al que se le aplicó la encuesta se utilizó la ecuación para población desconocida, en donde se obtuvo como resultado realizar la encuesta a 34 personas las cuales fueron elegidas aleatoriamente. La tabulación de los datos se presenta en la Tabla 4.

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

Tabla 4. Resultado de la encuesta

Pregunta	Ítem	Porcentaje
¿Cuál es el número de personas en tu hogar?	2 personas	15
	3 personas	20
	4 personas	50
	5 personas	12
	6 personas	3
Total		100%
¿De qué forma lava la ropa en su hogar?	a mano	94
	lavadora	6
Total		100%
¿Con que frecuencia lavan la ropa en su hogar?	1 a 3 veces	68
	3 a 5 veces	23
	7 veces	9
Total		100%
¿Qué dosis de detergente utiliza para lavar su ropa?	1 a 32 g	53
	32 a 65 g	32
	65 a 98 g	12
	más de 98 g	3
Total		100%
¿Qué volumen de agua usa para lavar su ropa?	1 a 45 L	62
	45 a 72 L	29
	72 a 94 L	3
	más de 94 L	6
Total		100%
¿Qué marca de detergente utiliza para lavar su ropa?	Deja	53
	ciclón	35
	as	0
	omo	0
	surf	12
Total		100%

Fuente: Autora

Previo al periodo de análisis y de incubación se etiquetaron las muestras de detergente con el código A y A1 al primer detergente, mientras que las etiquetas con el código B y B1 hace referencia al segundo detergente.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

La norma ASTM 2667 indica se debe ajustar el pH de los medios aerobios entre 6.8 y 7.2, dosificar 10 mg/L de detergente y mantener en agitación durante 21 días a 128 rpm a temperatura de 25 °C con una variación de 2 °C. La norma ASTM exige como periodo de tiempo de evaluación 21 días, debido a que en este tiempo se ha consumido por completo la materia orgánica presente en las muestras de los medios aerobios y se completa la primera etapa de la Demanda carbonasea.

Resultados de la primera prueba

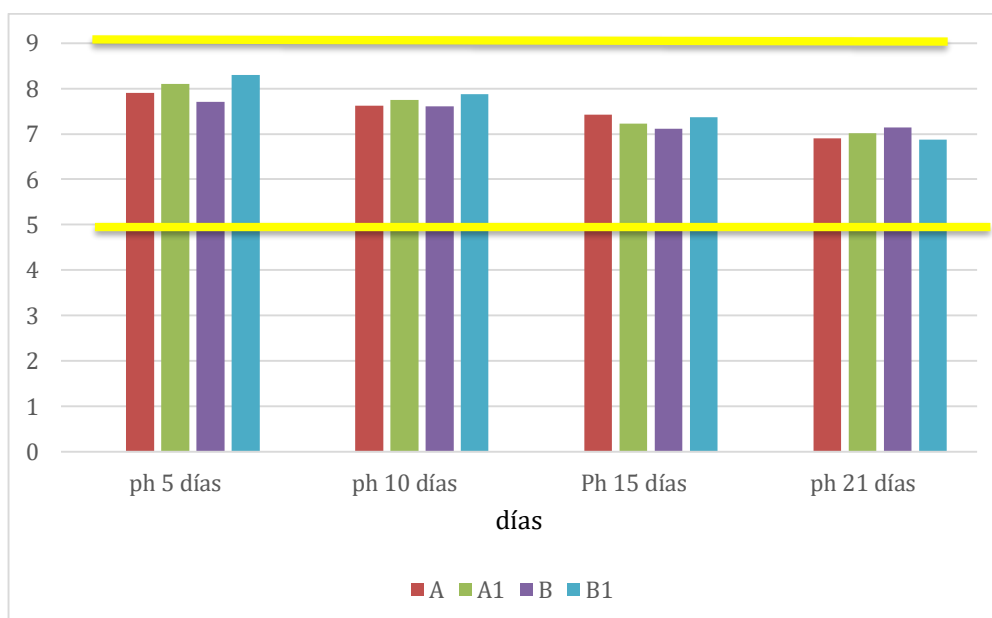


Figura 7. Valores de pH obtenido en cada uno de los periodos de análisis durante 21 días

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

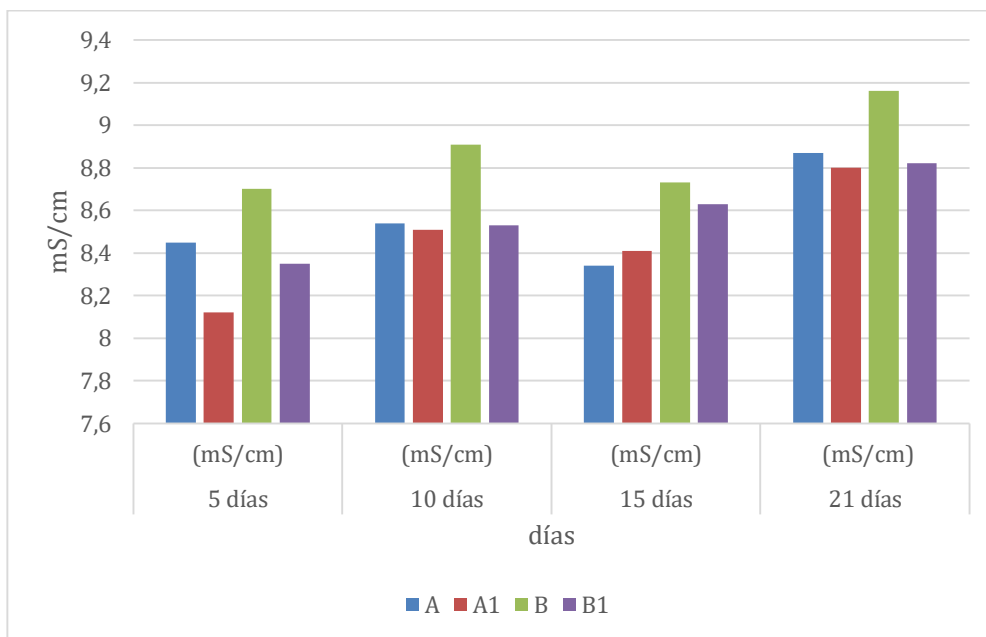


Figura 8. Conductividad obtenida en cada uno de los periodos de análisis durante 21 días

Fuente: Autora

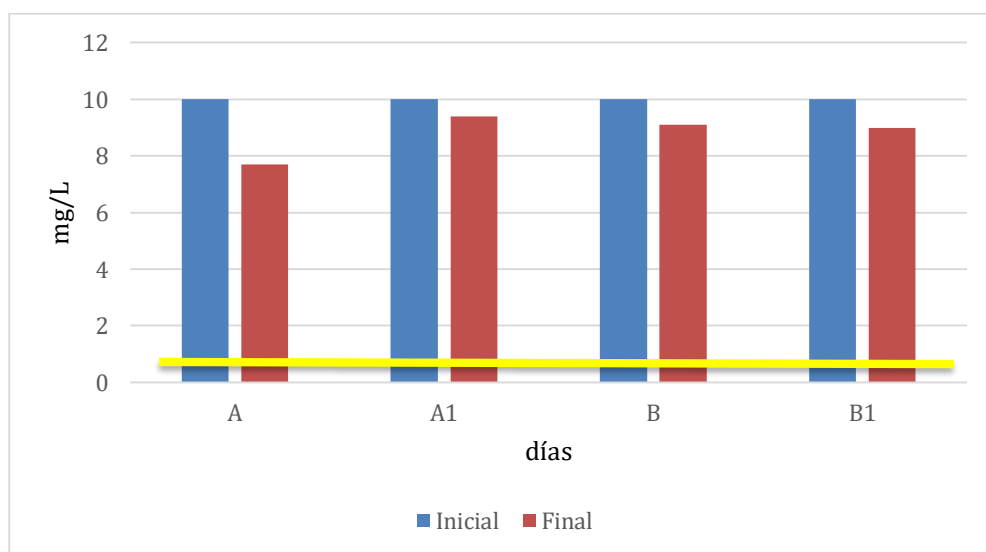


Figura 9. Resultado del contenido de tensoactivo durante el periodo de 21 días

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

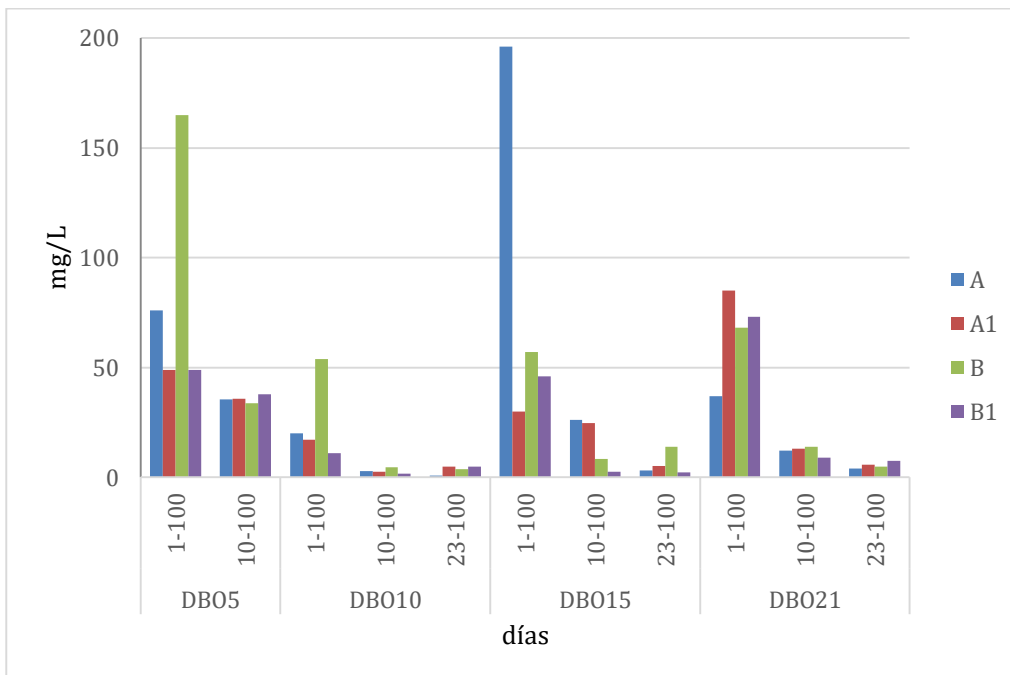


Figura 10. Resultado de la DBO obtenida en cada periodo durante 21 días

Fuente: Autora

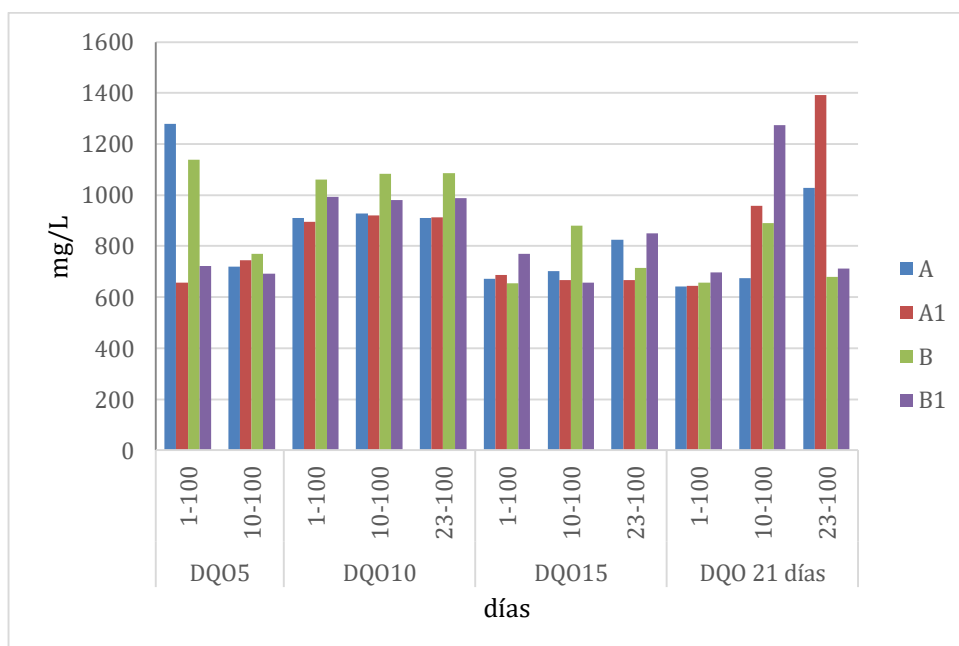


Figura 11. Resultado de la DQO obtenida en cada periodo durante 21 días

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

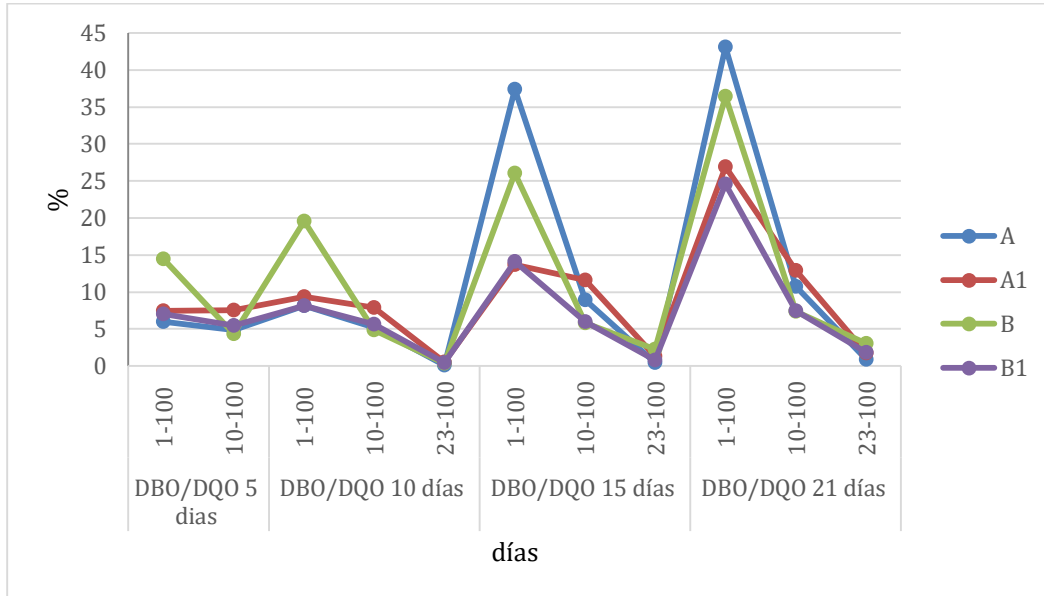


Figura 12. Relación DBO/DQO durante el periodo de 21 días

Fuente: Autora

Resultados de la segunda prueba

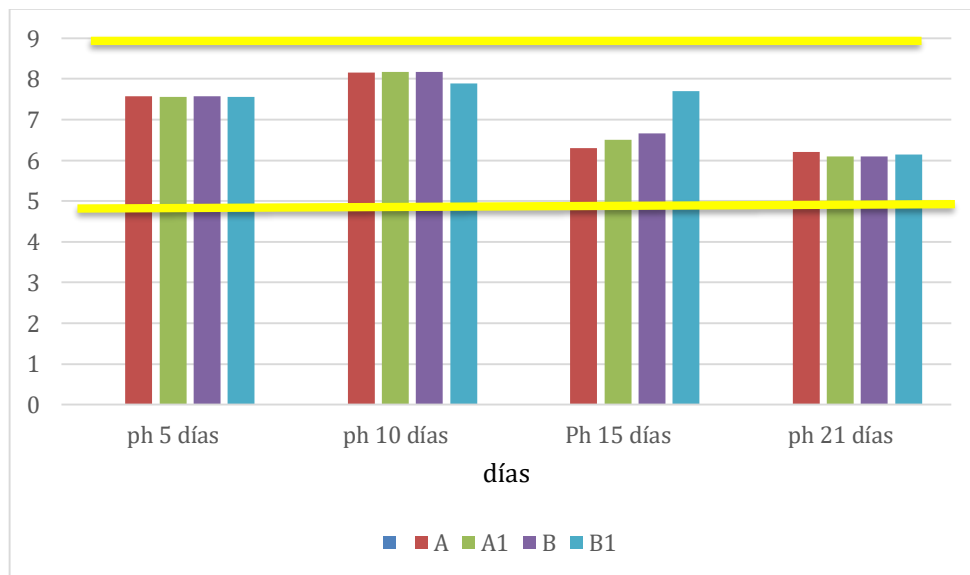


Figura 13. pH obtenido en cada uno de los análisis durante 21 días

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

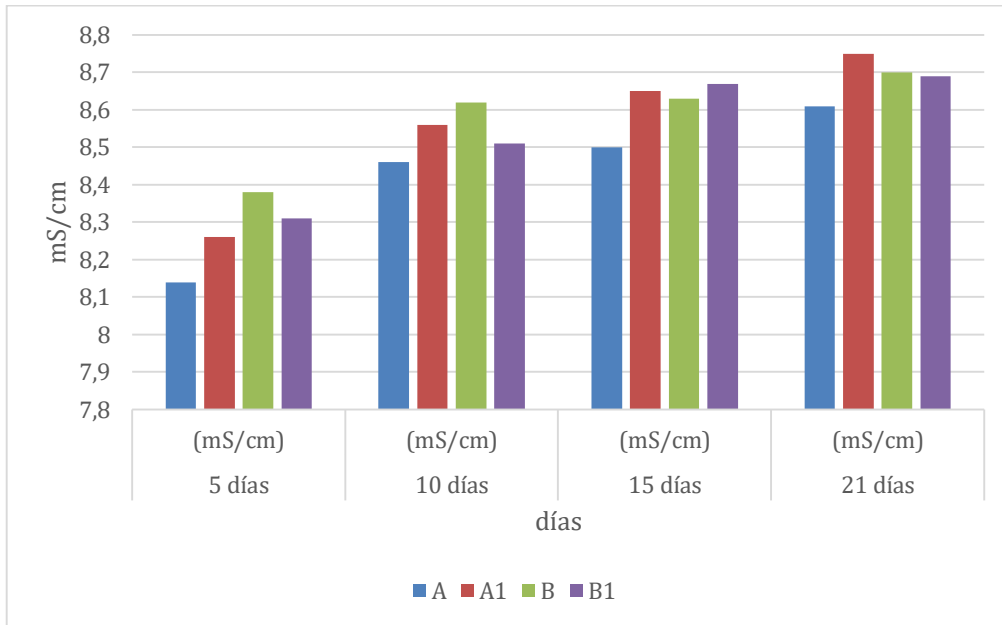


Figura 14. Conductividad obtenida en cada uno de los análisis durante 21 días

Fuente: Autora

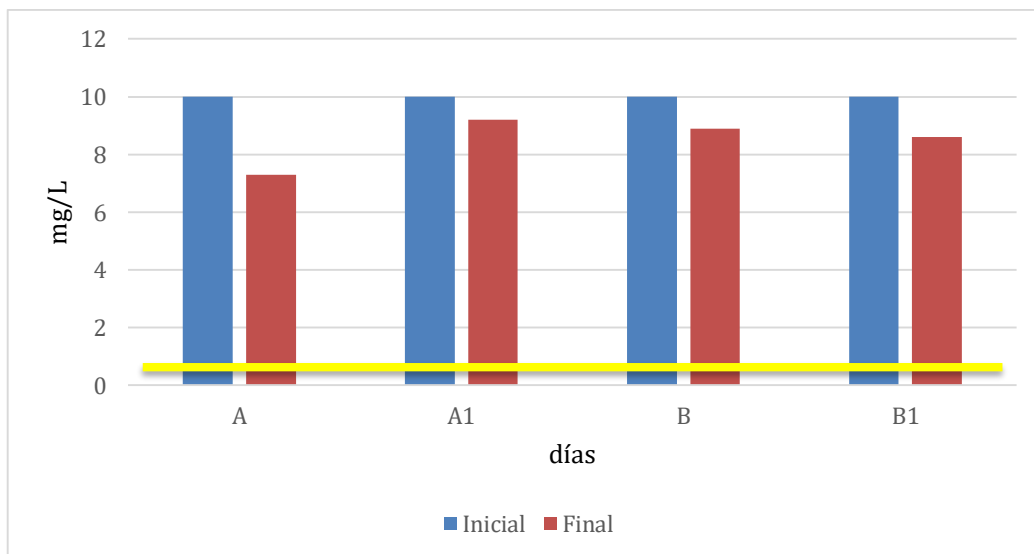


Figura 15. Resultado de la concentración de tensoactivo durante 21 días

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

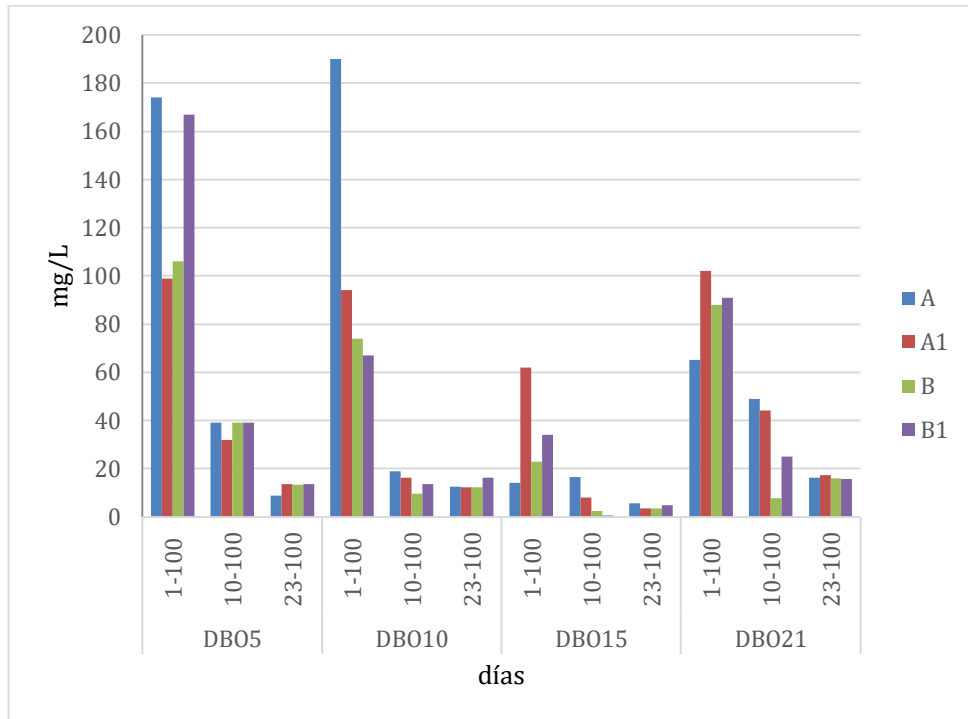


Figura 16. Resultado de la DBO obtenida durante el periodo de 21 días

Fuente: Autora

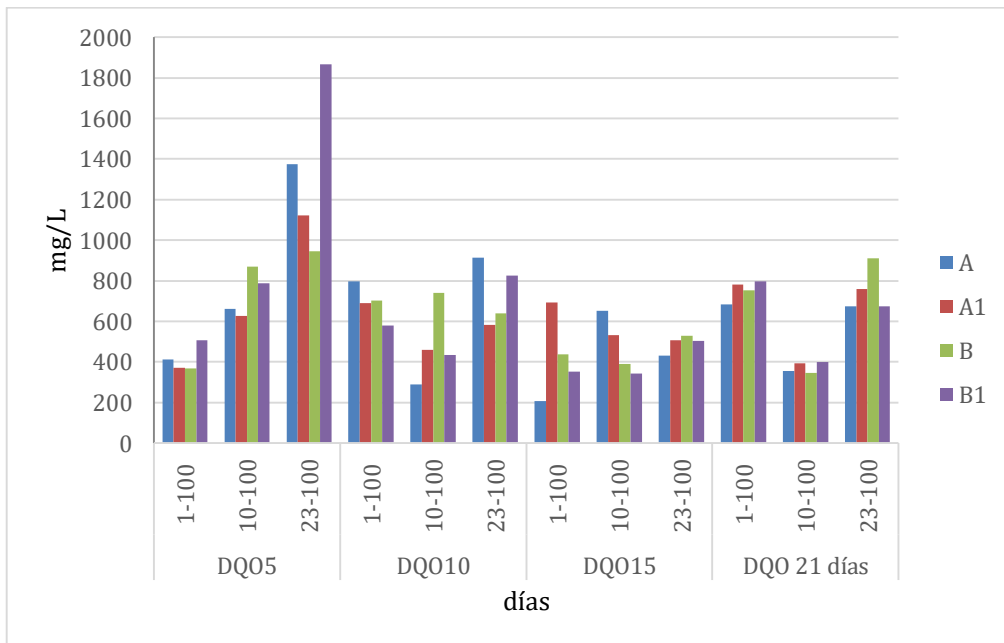


Figura 17. Resultado de la DQO obtenida en cada periodo durante 21 días

Fuente: Autora

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

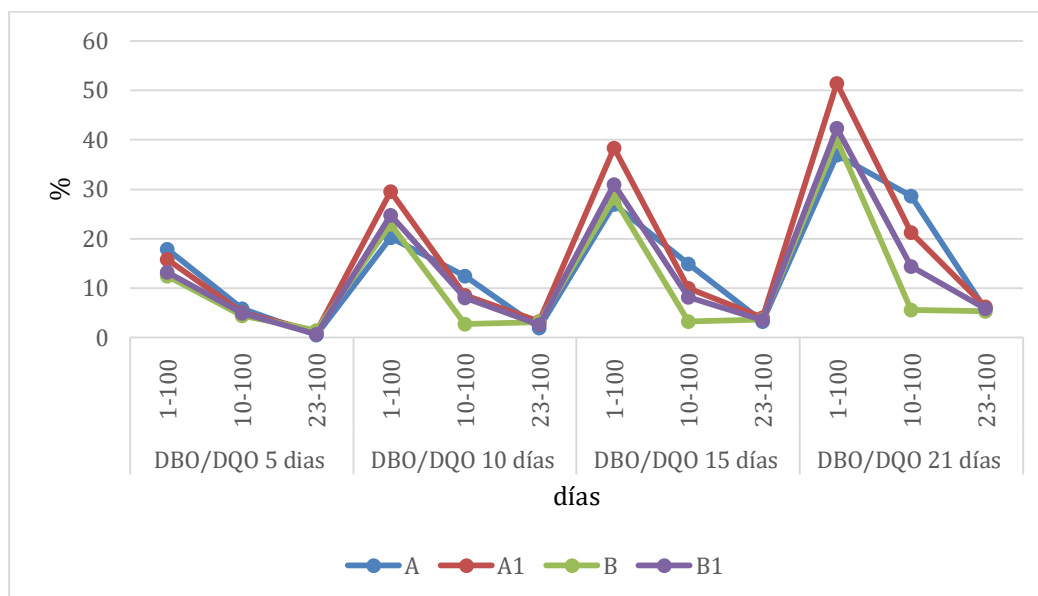


Figura 18. Resultado relación DBO/DQO obtenida en cada periodo durante 21 días

Fuente: Autora

Tabla 5. Análisis estadístico de los valores obtenidos al final del periodo de 21 días

Detergente	Dilución	Media	Error estándar	Desviación estándar
Deja	1-100	39,58	5,30	10,32
	10-100	18,42	4,17	8,21
	23-100	3,66	1,47	2,77
Ciclón	1-100	35,86	4,03	7,9
	10-100	8,71	1,97	3,93
	23-100	4,02	0,96	1,93

Fuente: Autora

Discusión

En el DMQ al menos el 99% de la población utiliza algún tipo de detergente tanto para lavar la ropa como para cualquier otra función referente a limpieza, debido a la facilidad que se tiene al momento acceder a estos productos. En Tabla 4 se indica que la cantidad de miembros dentro de un hogar no siempre tienen relación con la cantidad de veces que se lave la ropa, puesto que en la encuesta se evidenció que la mayoría de los hogares están conformados por 4 miembros, actualmente la mayoría de los hogares cuenta con una

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

lavadora eléctrica es debido a eso que la cantidad de detergente y el volumen de agua que se utiliza para lavar la ropa dentro de los hogares es la mínima, pero a pesar de ello el impacto ambiental que se origina a los cauces de agua que reciben estos desechos sigue siendo perjudicial tal como lo indica Francisco Ríos en su investigación del comportamiento ambiental de los tensoactivos (Ríos, 2014).

En las figuras 7, 8, 13 y 14 se presentan resultados de los parámetros pH y conductividad eléctrica, que se tomaron en tanto en la primera como en la segunda prueba. En cuanto al pH comparando el dato inicial con el final se puede observar que este valor bajó un 16 % estando dentro del rango establecido para descargas en cauce de agua. Por otra parte, la conductividad eléctrica aumentó al finalizar el proceso debido a la presencia de electrolitos utilizados para ajustar el pH inicial.

En las figuras 9 y 15 se presenta la concentración inicial de tensoactivo que se le dosificó al medio, como lo recomienda la norma ASTM 2667 y también la concentración final de tensoactivo a la que llegó después del proceso de biodegradabilidad cumplido el periodo de 21 días que duró la prueba. Como se puede observar no hay disminución del tensoactivo; un estudio realizado al río Machángara por la Secretaria de Ambiente en el año 2017 tuvo como resultado que la concentración de tensoactivo es 4,5 mg/L; es decir, a nivel de laboratorio como en un caso real la concentración de tensoactivo supera el 0,5 mg/L establecido por el Código Orgánico del Ambiente para descargas en cauce de agua dulce.

En las figuras 10 y 16 se presentan resultados obtenidos de la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) durante 21 días que duró la prueba de biodegradabilidad. En el análisis realizado a los 5 días en la primera prueba se puede observar que la muestra B presenta una elevada DBO en comparación a las otras muestras, mientras que en el día 15 es la

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

muestra A la que presenta una DBO alta. En la segunda prueba a los 5 días se tiene una DBO alta en la muestra A y B1, mientras que a los 10 días solo la muestra A presenta una elevada DBO. Un estudio realizado en la Universidad de Guayaquil en el año 2005 obtuvo resultados elevados de DBO en comparación a los obtenidos en este estudio, según la teoría la obtención de una DBO alta se debe al grado de contaminación que presenta el agua analizada (Cevallos, 2005).

En las figuras 11 y 17 se presentan resultados de la Demanda Química de Oxígeno durante los 21 días de duración de la prueba de biodegradabilidad. El análisis realizado a los 5 días nos indica que la muestra A y B presentan elevado DQO en comparación a las otras muestra, mientras que a los 21 días la muestra A1 y B1 presentan una DQO en comparación con la primera prueba. En la segunda prueba solo en los primeros 5 días se observa que la muestra A y B1 presentan una DQO alta, un estudio realizado en la Universidad de Guayaquil a diferentes marcas de detergentes en el año 2005 tuvo como resultado valores mucho más altos de DQO a los que se obtuvieron en este estudio, según la teoría la obtención de una DQO alta se debe al grado de contaminación que presenta el agua analizada (contaminada por detergentes comerciales) (Cevallos, 2005).

En la figura 12 se presenta el resultado de la primera prueba de la relación DBO/DQO, la muestra A (detergente deja) obtuvo el 43,11%, la muestra A1 obtuvo el 26,92%, la muestra B obtuvo el 36,45% y la muestra B1 obtuvo el 24,59%; estos porcentajes representa la biodegradabilidad a la que llegaron al final de los 21 días establecidos. En la figura 18 se tiene el resultado de la segunda prueba de la relación DBO/DQO, la muestra A obtuvo el 36,9%, la muestra A1 obtuvo el 51,4%, la muestra B obtuvo el 40 y la muestra B1 obtuvo el 42,4%. Como ya se había mencionado que el código A y A1

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

pertenecen al primer detergente en consumo se dice que es el que menor impacto tiene sobre el medio ambiente.

El estudio realizado por la Universidad de Guayaquil a diferentes detergentes comerciales bajo la norma ASTM 2667 indica que ninguno de los detergentes que se comercializan a nivel de todo el Ecuador alcanzan el porcentaje mínimo requerido para ser considerados biodegradables en cuanto a la relación DBO/DQO (Cevallos, 2005).

En la tabla 5 se presenta el análisis estadístico obtenido de los valores finales de la relación DBO/DQO en el cual se puede observar que de las tres diluciones que se utilizó para realizar los análisis la que mayor desviación estándar presenta es la dilución 1-100 en cuanto al detergente A, de igual manera para el detergente B la que mayor desviación estándar presenta es la dilución 1-100, es decir que es alta la dispersión de los valores en torno a la media. Por otra parte, el error estándar indica que el detergente A en la dilución 1-100 causado presenta el error más alto debido a la variación aleatoria del muestreo al repetir la prueba en las mismas condiciones.

Conclusiones

En los primeros 5 días del proceso se obtuvo el mayor porcentaje de biodegradación de los detergentes debido a que en este tiempo la DBO consume entre el 65 y 70% de la materia orgánica. En los días siguientes hasta completar los 21 días este porcentaje fue disminuyendo hasta alcanzar el 100% de consumo de materia orgánica.

Los detergentes utilizados para este estudio utilizan tensoactivos del tipo LAS (sulfonato de alquibenceno lineal) de acuerdo a la información de los productos, dicho tensoactivo según la teoría es biodegradable sin embargo se demostró que necesita un periodo mayor a 21 días para degradarse.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Los microorganismos del inóculo (lodo activado) utilizado en los medios no han podido degradar con facilidad las moléculas de los tensoactivos presentes en los detergentes seleccionados ya que en su formulación presentan productos intermedios como perfumes y abrillantadores ópticos que no se degradan fácilmente.

Luego de realizadas las dos pruebas de biodegradabilidad al finalizar el periodo de 21 días cada una de las muestras de los detergentes comerciales seleccionados y en base a los resultados obtenidos en la relación DBO/DQO se concluye que ninguno de estos detergentes es biodegradable.

Recomendaciones

Se recomienda que las empresas productoras de detergentes comerciales acojan la formulación para la elaboración de detergentes biodegradables utilizando tensoactivos del tipo LAS (sulfonato de alquibenceno lineal) y productos intermedios que sean fácilmente degradados por los microorganismos.

Se recomienda que el Gobierno Nacional a través del Ministerio del Ambiente, trabaje en la normativa para que en el Ecuador se consuman detergentes biodegradables con el fin de disminuir la presencia de espumas en los cuerpos de agua como el río Machángara que han sido una de las causas para que se pierda la fauna acuática del lugar.

Se recomienda que la EPMAPS considere la implementación de tratamientos biológicos para ayudar a la biodegradabilidad de detergentes, especialmente en sitios que tienen fosas sépticas, en donde de seguro habrá alta concentración de detergentes.

Literatura citada

- Almajer, D. (2004). Formulaciones de detergentes biodegradables. Granada.

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

- Agua. (2007). Contaminación del agua por detergentes (eutrofización). Recuperado: 11 de abril de 2019, de Fondo para la Comunicación y la Educación Ambiental Sitio web: <https://agua.org.mx/biblioteca/contaminacion-del-agua-por-detergentes-eutrofizacion/>
- Aula natural. (2015). ¿Qué es un tensoactivo? Recuperado: 29 de abril de 2019, de Aula Natural Sitio web: <https://aula-natural.com/que-es-un-tensoactivo/>
- BENEMERITA. (2014). Slideshare. Obtenido de Slideshare: <http://es.slideshare.net/mitziortiz/ef-36350831>
- Cevallos, K. (2005). Estudio de la biodegradación de los detergentes comerciales domésticos en nuestro país. Obtenido de: <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/414/1/TESIS%20952.pdf>
- El Comercio. (2017). Concentración de detergentes es alta en el Machángara. Recuperado: 22 de abril de 2019, de El Comercio Sitio web: <https://www.elcomercio.com/actualidad/concentracion-detergentes-alta-machangara.html>
- El Telégrafo. (2017). El río Machángara es un foco de contaminación. Recuperado el 22 de abril de 2019, de El Telégrafo Sitio web: <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/179/11/el-rio-machangara-es-un-foco-de-contaminacion>
- ESSIOD. (2009). Essiod. Obtenido de Essiod: <http://www.essiod.com.ar/Imagenes/ProductosdeLimpieza.pdf>
- FAA. (2009). ¿Cómo Contamina su Detergente? Recuperado: 11 de abril de 2019, de Fundación Azul Ambientalista Sitio web: <http://ww.azulambientalistas.org/detergente.html>

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

- HILL, John William, KOLB, Doris K. Química para el nuevo milenio. México: Prentice
- Malagrino, W., Almeida, A., (1987). Estudio comparativo de acao tóxica de un detergente biodegradável sobre *Poecilia reticulata* e *Poecilia vivípara* (Pises: Poecilidade). Revista DAR.148 (47): 86-91.
- Moukalled. (2015). Efectos de los detergentes en el agua. Recuperado: 11 de abril de 2019, de Green Área Sitio web: <http://greenarea.me/es/95583/efectos-de-los-detergentes-en-el-agua/>
- Norma ASTM 2667. Método de prueba estándar para la biodegradabilidad de sulfonatos de alquilbenceno.
- NT 002 (s/f). Norma Técnica para el control de descargas líquidas de sectores productivos. Recuperado: 24 de abril de 2019, de Sitio web: file:///C:/Users/HP/Downloads/resolucion_002_norma_tecnica.pdf
- QN. (2011). Las características de los detergentes. Recuperado: 29 de abril de 2019, de QuimiNet Sitio web: <https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-de-los-detergentes-2603319.htm>
- Reinoso, I. (2015). Evaluación ambiental del río Machángara. Recuperado: 25 de abril de 2019, de Repositorio de la Escuela Politécnica Nacional Sitio web: <file:///C:/Users/HP/Downloads/CD-6199.pdf>
- Regla et al. (2014). La química del jabón y algunas aplicaciones. Recuperado: 3 de mayo de 2019, de UNAM Sitio web: <http://www.revista.unam.mx/vol.15/num5/art38/art38.pdf>
- Ríos, F. (2014). Comportamiento ambiental de tensioactivos comerciales: Biodegradabilidad, toxicidad y ozonización. Obtenido de: <https://hera.ugr.es/tesisugr/24452968.pdf>

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

- Ronzano, E. (2010). Medida de la Contaminación Orgánica. Obtenido de:
<https://mail.google.com/mail/u/0/#search/esteban+/FMfcgxwDqfLFXhnXLGzqMdXsNvLjwljs?projector=1&messagePartId=0.2>
- Sánchez, N. (2010). ¿Qué es la biodegradabilidad? Recuperado: 1 de abril de 2019, de Nueva Mujer Sitio web:
<https://www.nuevamujer.com/bienestar/2010/01/21/que-significa-biodegradable.html>
- Semanart. (2009). Clasificación de Tensoactivos. Obtenido de Clasificación de Tensoactivos:
<http://www.semarnat.gob.mx/archivosanteriores/temas/gestionambiental/Materiales>
- Standard methods for water and wastewater, Ed. 23, 2017
- STEPAN, “Manufacturing Strengths”, [En línea]: [www.stepan.com/Why-Stepan/ Manufacturing-Strengths.aspx](http://www.stepan.com/Why-Stepan/Manufacturing-Strengths.aspx) [Consulta: 29 de abril de 2014].

Agradecimientos

Gracias a Fredy Muñoz por gestionar la obtención del lodo activado de los reactores biológicos de la PTAR Quitumbe utilizados como inóculo para este estudio, a Irina Moncayo por compartir sus conocimientos en la elaboración de este proyecto y a Gabriela Maldonado por abrirnos las puertas de la EPMAPS.

Anexos

Anexo 1.- Formato de la encuesta aplicada para este estudio

UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK

¿Cuál es el número de personas en tu hogar?

.....

¿De qué forma lava la ropa en su hogar?

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

- a) A mano
- b) Lavadora

¿Con que frecuencia lavan la ropa en su hogar?

- a) De 1 a 3 veces a la semana
- b) De 3 a 5 veces a la semana
- c) De 5 a 7 veces a la semana

¿Qué dosis de detergente utiliza para lavar su ropa?

- a) De 1 a 32 gramos
- b) De 32 a 65 gramos
- c) De 65 a 98 gramos
- d) Más de 98 gramos

¿Qué volumen de agua usa para lavar su ropa?

- a) De 1 a 45 litros
- b) De 45 a 72 litros
- c) De 72 a 94 litros
- d) Más de 94 litros

¿Qué marca de detergente utiliza para lavar su ropa?

- a) Deja
- b) Ciclón
- c) As
- d) Omo
- e) Surf

Anexo 2.-Tabla 6. pH obtenido en cada uno de los periodos de análisis durante 21 días

Muestra	ph 5 días	ph 10 días	ph 15 días	ph 21 días
A	7,9	7,62	7,43	6,9
A1	8,1	7,75	7,23	7,02
B	7,7	7,61	7,11	7,14
B1	8,3	7,87	7,37	6,87

Fuente: Autora

Anexo 3.-Tabla 7. Conductividad obtenida en cada uno de los periodos de análisis durante 21 días

Muestra	Conductividad 5 días (mS/cm)	Conductividad 10 días (mS/cm)	Conductividad 15 días (mS/cm)	Conductividad 21 días (mS/cm)
---------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

A	8,45	8,54	8,34	8,87
A1	8,12	8,51	8,41	8,80
B	8,70	8,91	8,73	9,16
B1	8,35	8,53	8,63	8,82

Fuente: Autora

Anexo 4.- Tabla 8. Resultado de la concentración de tensoactivo durante el periodo de 21 días

Muestra	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
A	10	7,7
A1	10	9,4
B	10	9,1
B1	10	9

Fuente: Autora

Anexo 5.- Tabla 9 Resultado de la DBO obtenida durante el periodo de 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DBO5 (mg/L)	1-100	76	49	165	49
	10-100	35,36	35,82	33,82	37,73
DBO10 (mg/L)	1-100	20	17	54	11
	10-100	2,73	2,7	4,73	1,64
	23-100	0,8	4,97	3,83	4,9
DBO15 (mg/L)	1-100	196	30	57	46
	10-100	26,27	24,73	8,36	2,64
	23-100	3,13	5,13	14	2,27
DBO21 (mg/L)	1-100	37	85	68	73
	10-100	12,3	13	13,9	9,1
	23-100	3,97	5,7	4,9	7,4

Fuente: Autora

Anexo 6.- Tabla 10. Resultado de la DQO obtenida durante 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DQO5 (mg/L)	1-100	1278	656	1138	721
	10-100	719	745	769	693
DQO10 (mg/L)	1-100	911	895	1062	994
	10-100	928	921	1083	980
	23.100	910	913	1087	988
DQO15 (mg/L)	1-100	671	688	655	770
	10-100	701	666	879	658
	23-100	826	667	715	850
DQO21 (mg/L)	1-100	642	644	657	696
	10-100	675	957	890	1275
	23-100	1028	1391	679	712

“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”

Fuente: Autora

Anexo 7.- **Tabla 11.** Resultado relación DBO/DQO durante 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DBO/DQO 5 días (%)	1-100	5,95	7,47	14,49	7,01
	10-100	4,9	7,54	4,39	5,44
DBO/DQO 10 días (%)	1-100	8,14	9,36	19,57	8,12
	10-100	5,19	7,87	4,83	5,61
	23-100	0,09	0,54	0,35	0,49
DBO/DQO 15 días (%)	1-100	37,35	13,72	26,05	14,09
	10-100	8,94	11,58	5,78	6,01
	23-100	0,47	1,31	2,31	0,76
DBO/DQO 21 días (%)	1-100	43,11	26,92	36,45	24,59
	10-100	10,76	12,94	7,38	7,43
	23-100	0,86	1,72	3,03	1,8

Fuente: Autora

Anexo 8.- **Tabla 12.** pH obtenido en cada uno de los periodos de análisis durante 21 días

Muestra	pH 5 días	pH 10 días	pH 15 días	pH 21 días
A	7,57	8,15	6,3	6,21
A1	7,56	8,18	6,5	6,09
B	7,58	8,18	6,66	6,09
B1	7,56	7,89	7,7	6,14

Fuente: Autora

Anexo 9.- **Tabla 13.** Conductividad obtenida en cada uno de los análisis durante 21 días

Muestra	Conductividad 5 días (mS/cm)	Conductividad 10 días (mS/cm)	Conductividad 15 días (mS/cm)	Conductividad 21 días (mS/cm)
A	8,14	8,46	8,5	8,61
A1	8,26	8,56	8,65	8,75
B	8,38	8,62	8,63	8,7
B1	8,31	8,51	8,67	8,69

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

Anexo 10.- **Tabla 14.** Resultado de la concentración de tensoactivo durante el periodo de 21 días

Muestra	Concentración inicial (mg/L)	Concentración final (mg/L)
A	10	7,3
A1	10	9,2
B	10	8,9
B1	10	8,6

Fuente: Autora

Anexo 11.- **Tabla 15.** Resultado de la DBO obtenida durante 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DBO5 (mg/L)	1-100	174	99	106	167
	10-100	39,2	31,8	39	39
	23-100	8,8	13,6	13,4	13,7
DBO10 (mg/L)	1-100	190	94	74	67
	10-100	18,8	16,1	9,7	13,5
	23-100	12,4	12,3	12,3	16,2
DBO15 (mg/L)	1-100	14	62	23	34
	10-100	16,4	8	2,5	0,6
	23-100	5,7	3,6	3,4	4,9
DBO21 (mg/L)	1-100	65	102	88	91
	10-100	49	44,2	7,8	24,9
	23-100	16,2	17,3	15,9	15,7

Fuente: Autora

Anexo 12.- **Tabla 16.** Resultado de la DQO obtenida durante 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DQO5	1-100	413	370	367	508
	10-100	661	628	869	788
	23-100	1374	1122	946	1867
DQO10	1-100	797	690	702	580
	10-100	289	460	741	434
	23-100	915	584	640	826
DQO15	1-100	209	692	438	354
	10-100	653	533	390	343
	23-100	431	507	530	504
DQO 21 días	1-100	685	782	753	796

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**

	10-100	356	394	345	401
	23-100	675	761	910	675

Fuente: Autora

Anexo 13.- **Tabla 17.** Resultado relación DBO/DQO durante el periodo de 21 días

Muestra		A	A1	B	B1
DBO/DQO 5 días (%)	1-100	17,9	15,9	12,5	13,2
	10-100	5,93	5,06	4,49	4,95
	23-100	0,64	1,21	1,42	0,73
DBO/DQO 10 días (%)	1-100	20,3	29,5	23	24,8
	10-100	12,43	8,56	2,72	8,06
	23-100	2,04	3,31	3,12	2,63
DBO/DQO 15 días (%)	1-100	27	38,4	28,3	31
	10-100	14,93	10,06	3,32	8,26
	23-100	3,34	4,01	3,72	3,53
DBO/DQO 21 días (%)	1-100	36,9	51,4	40	42,4
	10-100	28,7	21,26	5,58	14,46
	23-100	5,75	6,31	5,42	5,83

Fuente: Autora

**“DETERMINACIÓN DE BIODEGRADABILIDAD DE DETERGENTES
COMERCIALES MEDIANTE TRATAMIENTOS BIOLÓGICOS”**