

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y  
NATURALES CARRERA CIENCIAS QUIMICAS**



**REFORMULACION DE  
DETERGENTES LIQUIDOS QUE  
SEAN BIODEGRADABLES**

**POSTULANTE: ERIC JUAN MALDONADO ALANOCA**

**PROYECTO DE GRADO  
PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**LA PAZ – BOLIVIA  
2015**

**UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRES  
FACULTAD DE CIENCIAS PURAS Y  
NATURALES CARRERA CIENCIAS QUIMICAS**



**REFORMULACION DE  
DETERGENTES LIQUIDOS QUE  
SEAN BIODEGRADABLES**

**POSTULANTE: ERIC JUAN MALDONADO ALANOCA  
TUTORES: DR. PATRICIA A. MOLLINEDO PORTUGAL  
TRIBUNALES: DR. MAURICIO PEÑARRIETA LORIA**

**PROYECTO DE GRADO  
PARA OPTAR AL GRADO DE LICENCIATURA EN CIENCIAS QUÍMICAS**

**LA PAZ – BOLIVIA  
2015**

## **DEDICATORIA**

A la memoria de mi recordada e inolvidable querida madre Yolanda Alanoca Solares que se alejó de este mundo y de mi vida cotidiana y que siempre estará en mi corazón.

A mis hermanos: Américo, Jeanneth y Lizette que me ayudaron durante los momentos más difíciles.

A mis sobrinos Alejandra, Diego y Santiago que son la luz de mi vida, que me dieron las fuerzas, esperanzas e ilusión de seguir adelante.

## INDICE

CAPITULO 1.....	1
1. INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 2.....	3
2.1 ANTECEDENTES.....	3
2.2 DEFINICION.....	4
2.3 DETERGENCIA.....	5
2.4 FORMAS FISICAS DE LOS DETERGENTES.....	6
2.5 COMPONENTES DE LOS DETERGENTES SINTETICOS Y SUS FUNCIONES.....	7
2.6 TENSOACTIVOS O SURFACTANTES.....	7
2.6.1 SURFACTANTES ANIONICOS.....	9
2.6.2 SURFACTANTES CATIONICOS.....	10
2.6.3 SURFACTANTES NO IONICOS.....	11
2.6.4 SURFACTANTES ANFOTEROS.....	12
2.6.5 SURFACTANTES POLIMERICOS.....	13
2.7 COADYUVANTES.....	13
2.8 ADITIVOS.....	14
2.9 FORTIFICADORES O AGENTES SECUESTRADORES DE DUREZA.....	16
2.10 INHIBIDORES DE CORROSION.....	19
2.11 BLANQUEADORES.....	19
2.11.1 BLANQUEADORES OPTICOS.....	19
2.12 CARGAS AUXILIARES Y DE PROCESAMIENTO.....	20
2.13 ESTABILIZADORES DE ESPUMA.....	20
2.14 AGENTES SUSPENSORES DE SUCIEDAD.....	20
2.15 ENZIMAS.....	20
2.16 PROCESO DE MANUFACTURA.....	21
CAPITULO 3.....	22
3.1 INTRODUCCION.....	22
3.2 PROBLEMÁTICA DE LOS DETERGENTES.....	22
3.2.1 JABONES.....	22
3.2.2 DETERGENTES.....	23
3.3 DETERGENTES CON FOSFATOS: EUTROFIZACIÓN.....	23
3.4 DETERGENTES SIN FOSFATOS: TOXICIDAD.....	24
3.5 CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE POR DETERGENTES.....	24
3.5.1 AGUA.....	24
3.5.2 SUELO.....	25
3.6 DESCONTAMINACION.....	25
3.6.1 AGUA.....	25
3.6.2 SUELOS.....	25
3.7 PROCESOS DE ELIMINACION DE TENSIOACTIVOS.....	26
CAPITULO 4.....	28
4.1 INTRODUCCION.....	28
CAPITULO 5.....	31
JUSTIFICACION.....	31
CAPITULO 6.....	32
6.1 OBJETIVO GENERAL.....	32
6.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	32
CAPITULO 7.....	33

7.1 MATERIALES Y METODOS.....	33
7.2 DETERGENTE LAVAVAJILLA.....	33
7.3 DETERGENTE LAVAMANOS.....	34
7.4 DETERGENTE ELIMINADOR DE SARROS.....	35
7.5 ENSAYOS FISICOQUIMICOS DE LOS DETERGENTES.....	35
7.5.1 DETERMINACION DE LA DENSIDAD.....	35
7.5.2 MEDICION DEL pH.....	36
7.6 ENSAYOS DAPHNIAS ISO INTERNACIONAL.....	36
7.7 EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD AGUDA.....	37
7.8 ENSAYOS CON <i>Trichodermainhamatum</i> .....	39
7.9 CONCENTRACIÓN MÍNIMA BACTERICIDA DE LOS DETERGENTES.....	40
7.10 PRUEBA DE DISCOS DE INHIBICIÓN.....	41
CAPITULO 8.....	43
8.1 PRUEBA FISICOQUIMICAS.....	43
8.1.1 DENSIDAD.....	43
8.1.2 pH.....	43
8.3 ENSAYOS DAPHNIAS.....	45
8.4 ENSAYOS CON <i>Trichodermainhamatum</i> .....	46
8.5 CONCENTRACIÓN MÍNIMA BACTERICIDA DE LOS DETERGENTES.....	51
8.6 PRUEBA DE DISCOS DE INHIBICIÓN.....	52
CAPITULO 9.....	56
CONCLUSIONES.....	56
CAPITULO 10.....	58
RECOMENDACIONES.....	58
BIBLIOGRAFIA.....	59
ANEXOS.....	61

# CAPITULO 1

## 1. INTRODUCCION

En la actualidad los detergentes se han convertido en uno de los productos químicos de mayor uso diario. A nivel industrial es un mercado muy competitivo, debido a las diversas marcas de detergentes con diferentes presentaciones ofrecidas a los consumidores.

Están compuestos por sustancias químicas muy potentes como: ácidos (que le otorgan el pH, neutros o alcalinos), álcalis o fosfatos fuertes, que tienen la propiedad de disolver la suciedad y las impurezas de un material sin corroerlo, contienen estabilizantes, quelantes, blanqueadores, colorantes, solventes y desinfectantes.

En Bolivia existen diversas industrias dedicadas a la fabricación de dichos productos, tales como ASTRIX S.A. MULTI INTERNACIONAL S.R.L., UNILEVER ANDINA BOLIVIA S.A., VERANDA S.R.L., PROQUINAL, VENADO S.R.L., BOM BRILL, entre otras, con el propósito de cubrir las necesidades de la población.

La empresa PLUS S.R.L. se encuentra situada en el departamento de Santa Cruz de la Sierra, se dedica a la fabricación y comercialización de productos de limpieza líquidos como ser: detergentes, lavavajilla, ambientadores, eliminadores de sarro, detergente líquido de manos y otros.

En el presente trabajo se enfocó en el mejoramiento de un detergente líquido de lavavajillas, jabón líquido de manos y el eliminador de sarro por medio de procesos de mezclado y agitación, deseando obtener unos productos que cumplan con las características ofrecidas y que satisfaga las exigencias del mercado y por lo tanto del consumidor.

De allí la importancia de la selección de reactivos adecuados y de la cantidad necesaria requerida de cada uno de ellos al momento de la producción ya que en cantidades inadecuadas no podría proporcionar las propiedades con las que se desea que el producto sea elaborado, tales como poder desinfectante, alta espumabilidad, limpieza.

La empresa PLUS S.R.L. está muy enfocada a la elaboración y comercialización de los detergentes biodegradables, dentro lo que hoy en día se llama la Química Verde que tiene que ver con el cuidado del medio ambiente.

La comercialización de los detergentes líquidos está dentro el eje troncal como ser los departamentos de La Paz, Cochabamba y Santa Cruz y se está abriendo mercado para la comercialización de estos productos, en el resto del país.



# CAPITULO 2

## DETERGENTES

A continuación se presentará la información relacionada con detergentes, el proceso de detergencia, el proceso de manufactura y características de los detergentes sintéticos, sus componentes y funciones.

### 2.1 ANTECEDENTES

El desarrollo en la formulación y producción de detergentes ha sido escalonado a lo largo de la historia, desarrollando paulatinamente tecnologías y productos destinados a satisfacer las demandas técnicas y de mercado.

En el año 600 a.C., los fenicios obtuvieron el primer jabón mezclando grasa de cabra con cenizas de madera. En Europa, la fabricación de jabones se inició en Marsella en la Edad Media y se extendió a Génova, Venecia y Savona. En el siglo XVIII, la fabricación de este se convirtió en un negocio floreciente y se difundió en Europa y Norteamérica, llegando a ser una gran industria para fines del siglo.

Para 1890, A. Krafft, químico alemán dedicado a la investigación, observó que ciertas moléculas de cadena corta, que no eran sustancias jabonosas, producían espuma como el jabón al unirse con alcohol. Krafft había producido el primer detergente del mundo, pero en aquel momento este descubrimiento no interesó a nadie y permaneció oculto hasta principios del siglo XX.

Después de la primera guerra mundial, el bloqueo aliado privó a Alemania del suministro de grasas naturales utilizadas para fabricar lubricantes, las grasas de los jabones fueron sustituidas, y el propio jabón se convirtió en un artículo difícil de conseguir en el país. Dos químicos, H. Gunter y M. Hetzer, recordaron entonces el hallazgo de Krafft y elaboraron el primer detergente comercial, llamado Nokal, creyendo que serviría como sustituto del jabón tan solo en tiempos de guerra. Sin embargo, las ventajas del detergente con

respecto al jabón no tardaron en manifestarse, de tal manera que para el año 1930, gran parte del mundo industrializado fabricaba una amplia gama de detergentes sintéticos que no dejaban residuo alguno, y que en muchos aspectos eran superiores al jabón.

Posteriormente a la Segunda Guerra Mundial, la rápida disponibilidad de hidrocarburos procedentes de la industria petroquímica en desarrollo, hizo atractiva la idea de un sistema de detergentes económico y eficiente y es en 1946, cuando aparece el primer detergente para lavar la ropa en casa: el Tide, que coincidió con el momento en que las amas de casa en los Estados Unidos no podían vivir sin una lavadora automática. El éxito del Tide fue rápido y se convirtió en el primer precursor de muchísimos detergentes delicados que no tardarían en abarrotar las estanterías de los supermercados.

## 2.2 DEFINICION

Los detergentes pueden definirse como una sustancia que facilita la separación de materias extrañas de superficies sólidas cuando se emplea un disolvente en este caso agua en una operación de lavado.

La acción de un detergente es el resultado de la interacción de varios fenómenos y constituye uno de los procesos fisicoquímicos más complejos que existe, dado la cantidad de variables, factores y mecanismos que intervienen en el.

La suciedad suele ser de consistencia semilíquida; debido a ello es posible proporcionar una explicación del proceso, considerándolo a nivel de la interfase líquido-sólido-líquido.

Los detergentes o “agentes tensoactivos” son un grupo de compuestos orgánicos, que poseen la propiedad de disminuir la tensión superficial de los líquidos en que se encuentran disueltos; en nuestro caso particular, la del agua que es la que nos concierne. *L Vargas, (2004).*

Un detergente está formado por uno o más tensoactivos, que constituye la materia principal y por un conjunto de componentes complementarios: coadyuvantes (builders), aditivos y auxiliares de cargas (*García Domínguez 1986, Ochoa Domínguez 1996, Novozymes 2002.*)El resultado final es un producto que además de producir una limpieza eficiente, ejerce un efecto de protección sobre las superficies a las cuales se aplica y proporciona al objeto

lavado una serie de características deseadas en cuanto al color, olor, tacto y otros.

### 2.3 DETERGENCIA

La detergencia se refiere al proceso de limpieza de una superficie sólida o de una estructura fibrosa mediante un baño líquido en el cual la acción limpiadora del solvente esta considerablemente aumentada por procesos físico-químicos atribuibles al surfactante y a los demás componentes del detergente. (Contreras 2008) El mecanismo físico-químico que está involucrado en él proceso es ampliamente complejo. Sin embargo, puede ser descrito en seis pasos como se muestra en la figura:

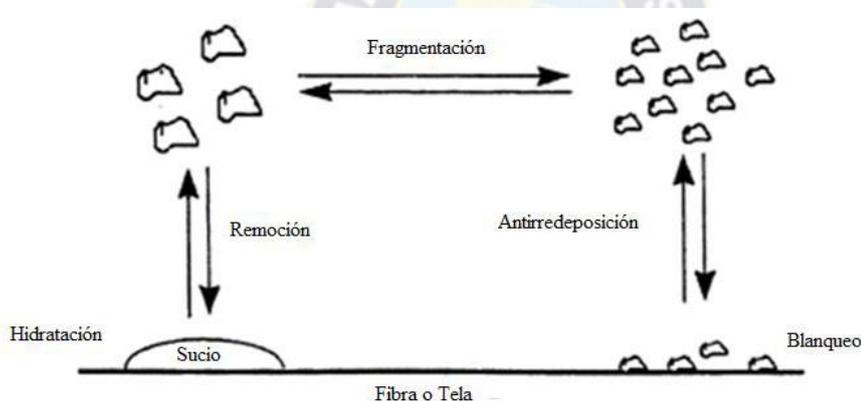


Figura: mecanismo general de la detergencia(Contreras2008)

- Hidratación del sucio: es necesario hidratar las piezas de tela, debido a que sufren un proceso de almacenamiento previo al lavado, durante el cual el sucio pierde gran parte de su humedad.
- Remoción del sucio: de la tela por medio de acciones mecánicas y químicas.
- Fragmentación del sucio: en partículas pequeñas, dispersiones o componentes solubles en agua, por medio de diversos componentes presentes en la formulación del detergente.
- Prevención de redeposición de los fragmentos de sucio o trazas de tinte sobre la tela ya lavada.
- Blanqueo del sucio residual o redepositado (perjudicado) con la finalidad de dar una mejor sensación y resultado visual.

- Modificación final de la fibra para mejorar la satisfacción del consumidor, utilizando para ello agentes tales como abrillantadores , perfumes, polímero anti-redepositantes de sucio y agentes acondicionadores de tejido.

## **2.4 FORMAS FISICAS DE LOS DETERGENTES**

Los detergentes se fabrican en una variedad de formas y presentaciones dependiendo en cierta medida del tipo de formulación y la función que debe cumplir. Según la forma, la mayoría de los detergentes pertenece a uno de los siguientes grupos (Contreras2008)

### **POLVOS:**

Los detergentes en polvo tradicionales que se fabrican y comercializan, superan en cantidad a las demás formas físicas existentes. Representa más del 60% de la producción mundial. Su densidad se encuentra entre 200 g/l y 700 g/l dependiendo de la región.

### **BARRAS:**

Se fabrican tanto para el lavado a mano, como en pastillas para lavadoras. Igualmente se fabrican para uso personal y en cosmética en general.

### **PASTAS:**

Son utilizadas básicamente en la industria textil y en algunos casos para operaciones de limpieza industrial y mantenimiento.

### **LIQUIDOS:**

Este tipo de detergentes se venden mayormente en soluciones diluidas; para aplicaciones como el lavado de ropa, lavaplatos, lavamanos y otros.

## **2.5 COMPONENTES DE LOS DETERGENTES SINTETICOS Y SUS FUNCIONES**

La clasificación de los detergentes se realiza de acuerdo al tipo de agente tensoactivo y los componentes secundarios que lo conforman. Su formulación varía enormemente dependiendo del fin o la aplicación que se le

quiere dar, así como también de acuerdo al mercado donde va dirigido el producto.

La composición de los detergentes comprende numerosos compuestos según existen tres categorías importantes; tensoactivos, coadyuvantes y otros como agentes blanqueadores, abrillantadores, otros.

Entre los principales compuestos que se usan para la manufactura y formulación de los detergentes se encuentran:

## **2.6 TENSOACTIVOS O SURFACTANTES**

Los agentes tensoactivos son compuestos químicos que al disolverse en agua o en otro disolvente, se orienta a la interfase entre el líquido y una fase sólida líquida o gaseosa modificando de esta manera las propiedades de la interfase. *H. Wittcoff (1997)*

El término surfactante o tensoactivo es una contracción del término “agente de actividad superficial”, con el que se designa aquella sustancia de modificar las propiedades físicas (mecánicas, eléctricas, ópticas, otros) de una superficie o de una interfase, reduciendo la tensión superficial. *Varo Galva (1996)*.

Los tensoactivos poseen en sí una estructura química dos regiones claramente diferenciadas, lo que les confiere el carácter dual característico de todas las sustancias anfífilas. Una es la porción hidrófoba (o apolar), que presenta afinidad por los disolventes orgánicos o polares y corresponde frecuentemente a una cadena hidrocarbonatada, de tipo alquilo o alquil benceno, de longitud variable. La otra es la porción hidrófila (o polar), caracterizada por mostrar atracción hacia los disolventes polares, sobre todo agua y puede estar formada por átomos de oxígeno, azufre, fosfato o nitrógeno, incluidos en grupos funcionales como alcoholes, tioles, éteres, ésteres, ácidos, sulfonatos, sulfatos, fosfatos, aminas, amidas, otros. (Milton J. R. 2004)

Un surfactante o agente tensoactivo es una sustancia química que tiene la habilidad de adsorberse en una interfase, modificando la energía libre interfacial. Las moléculas o iones de tensoactivo forman capas moleculares orientadas a la interfase sucio-tela-agua para promover la limpieza

(detergencia) y en la interface aire-agua para producir espuma, mediante la disminución de la tensión superficial de las interfaces. Además, estos presentan propiedades funcionales de humectación, emulsificación, solubilización y dispersión.

Los agentes tensoactivos tienen la estructura molecular común que consiste en una larga cadena no polar, casi siempre una cadena de hidrocarburo, que es soluble en aceite pero insoluble en agua, conocida como la parte lipofílica o hidrofóbica. El otro extremo de la molécula conocida como la parte hidrofílica, es insoluble en aceite pero soluble en agua, y es lo suficientemente afín a ella para conferir solubilidad en agua a todo el compuesto. (Castrillo, A 2008)

Desde el punto de vista comercial estos se clasifican de acuerdo su aplicación. Sin embargo, como se observa que muchos surfactantes son susceptibles de ser utilizados en aplicaciones diferentes, lo que provoca confusiones, se prefiere clasificarlos de acuerdo a la estructura de su molécula, o de manera más exacta según la forma de disociación de esta en el agua. (Austin G, 1988)

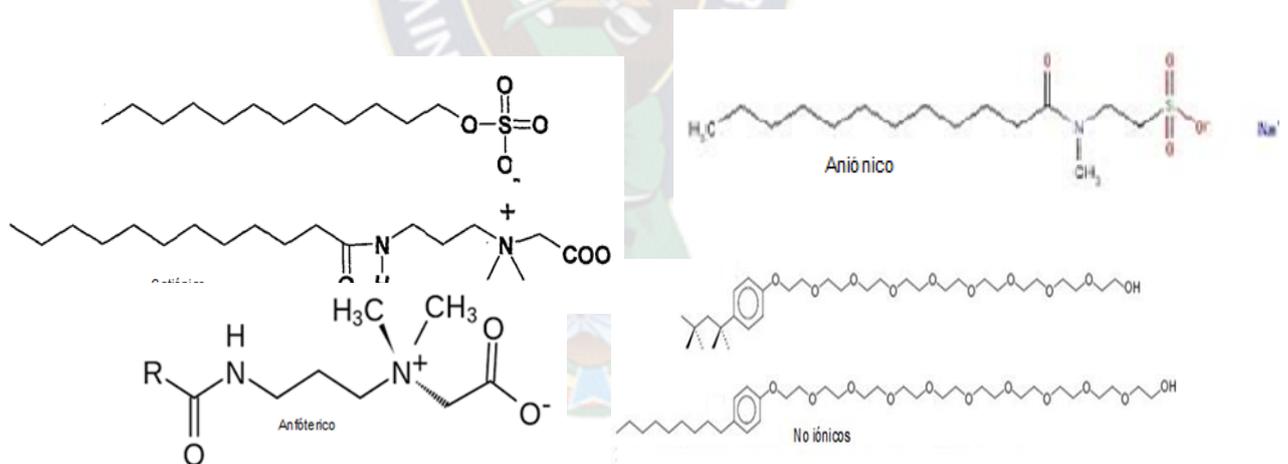


Figura: Tipos de surfactantes (Contreras 2008)

### 2.6.1 SURFACTANTES ANIONICOS

Se conocen bajo esta denominación los tensoactivos que en solución acuosa se disocian, originando iones orgánicos grasos con carga negativa, a los que se debe la tensoactividad, e iones positivos sencillos, que confieren solubilidad al compuesto. *J. Villa. (1997).*

Los tensoactivos aniónicos comprenden aquellos que poseen uno o varios grupos funcionales que se ionizan disolución acuosa originando iones orgánicos con carga negativa y responsable de la actividad superficial. Son los más usados en composiciones de detergentes en polvo como así en productos líquidos para el lavado de ropa. La producción de los tensoactivos aniónicos representa alrededor del 55% de los tensoactivos producidos en el mundo. Las principales razones para su predominio en el futuro son las siguientes: excelente capacidad limpiadora en usos domésticos y en aplicaciones industriales, compatibilidad con los nuevos procesos de fabricación, flexibilidad en las formulaciones, bajo costo de fabricación, rápida y elevada biodegradabilidad y baja toxicidad acuática. *Piasecki (2002).*

En la actualidad, el compuesto más utilizado es el alquilbencensulfonato de sodio lineal (LABSS), seguido de los alcoholes sulfatados, alcohol éter sulfatos, sulfonatos alfa olefinas y parafinas o sulfonatos de alcanos secundarios.

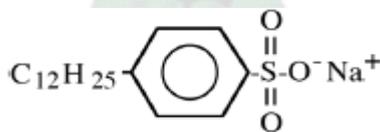


Figura: Alquilbencensulfonato de sodio lineal (Castrillo 2008)

### 2.6.2 SURFACTANTES CATIONICOS

Los tensoactivos catiónicos son de poca utilidad en limpieza porque la mayoría de las superficies tiene una carga negativa y los cationes se absorben sobre ellas en lugar de solubilizar la suciedad adherida. Sin embargo debido a esta propiedad tiene numerosas aplicaciones especializadas. Por ejemplo, las aminas y también los compuestos

cuaternarios inhiben el crecimiento de organismos moleculares como bacterias y algas. Las moléculas se orientan en la interfase entre la membrana bacteriana del agua o del aire. Esta película cerrada de dimensión molecular interfiere con la respiración del organismo y este muere. Así los cationes son antisépticos y bactericidas y se utilizan por ejemplo en pastillas para la garganta. *H.Wittcoff, L Noriega (1978)*

Los tensoactivos catiónicos se disocian dando lugar a un anillo anfílico y un contra ion aniónico, que suele ser un halogenuro. Estos tensoactivos son en general más costosos que los aniónicos y los no iónicos debido al número y tipo de reacciones necesarias para su síntesis, como consecuencia, solo se utiliza en aplicaciones específicas: como antimicrobianos naturales o sintéticos de uso externo o como agentes de adsorción sobre sustratos biológicos inertes con carga negativa *Zografo y col., (1990); Pérez y col., (2002); Haldar y col., (2005)*.

Entre los tensoactivos más comunes se encuentran el cloruro de benzalconio y el bromuro de hexadecil trimetilamonio (HTAB, en sus siglas en ingles).

Los surfactantes catiónicos son usados en cantidades limitadas debido a su costo de producción y se utilizan como auxiliares en la fabricación de antisépticos, bactericidas y suavizado de textiles, así como también para productos de especialidad, tales como limpiadores de metales para galvanizado. El surfactante catiónico más utilizado es el cloruro de dimetil amonio de doble ramificación.

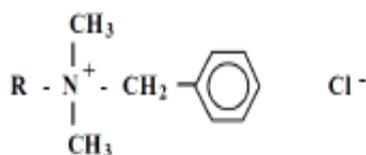


Figura benzalconio Cloruro (Castrillo 2008)

### 2.6.3 SURFACTANTES NO IONICOS

En los tensoactivos no iónicos la parte hidrofílica de la molécula no es ión sino una cadena de polioxietileno  $(-\text{OCH}_2\text{CH}_2)_n\text{OCH}_2\text{OH}$ . La solubilidad en agua se debe a la capacidad de los átomos de oxígeno y del grupo oxidrilo

de formar enlaces de hidrogeno con agua. Estos tensoactivos no se ionizan en solución acuosa ya que su grupo hidrófilo no se puede disociar y por tanto, no se ven afectados por el pH de la solución. Una gran proporción de estos tensoactivos son hidrofílicos por la presencia de una cadena de polietilenglicol o de polisacárido. Representan aproximadamente el 40% de la producción mundial y son pocos tóxicos. Son utilizados en preparaciones farmacéuticas *Kolodziejska (2005); Vyas y col,(2005)* y en la industria cosmética y como Emulsificantes y Solubilizantes en los alimentos *Rosen,(2004); Golemanov y col.,(2006)*.

Los tensoactivos no iónicos son excelentes agentes humectantes, compatibles tanto con aniónicos como con catiónicos y no son afectados por los iones calcio- magnesio del agua dura. *H. Wittcoff, L Noriega,(OP:CIT.)*.

Dentro de los tensoactivos no iónicos que tienen importancia comercial se encuentran los alquiletoxilados, los alquilfenoles etoxilados, el etanol amidas de ácidos grasos, los polímeros complejos de óxido de etileno, entre otros.

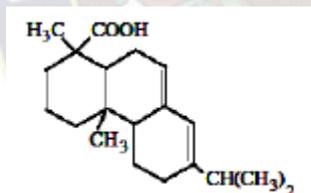


Figura ácido abietico (Castrillo 2008)

#### 2.6.4 SURFACTANTES ANFOTEROS

Los tensoactivos anfóteros son un grupo de productos especializado que tienen tanto una carga negativa como una carga positiva en la misma molécula como tienen centros aniónicos y catiónicos pueden comportarse como aniónicos y catiónicos, dependiendo del pH de la solución en la que se utilicen. Las estructuras típicas son las betainas  $R-N(CH_3)_2-CH_2-COO^-$ , que son catiónicas en solución ácida y zwitteriónicas en solución básica, y los aminoácidos,  $R-N(CH_3)_2-CH_2-COO^-$ , que son catiónicos en solución ácida y aniónicos en solución básica.

En ambas estructuras, R debe ser una cadena alquílica lineal C12-C18 saturada. Algunos anfóteros producen alto volumen de espuma y se utilizan para shampoos. *H.Wittcoff, L Noriega, (OP:CIT.).*

Este grupo de surfactantes, presentan buenas propiedades tensoactivas en un amplio intervalo de pH y son compatibles con los aniónicos y los catiónicos. Los anfóteros son en general tan caros como los catiónicos y por esta razón su utilización se reduce a aplicaciones particulares.

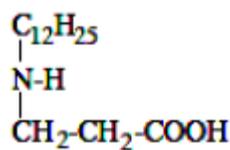


Figura Dodecil Betaina (Castrillo 2008)

### 2.6.5 SURFACTANTES POLIMERICOS

Hace unos veinticinco años surgieron este tipo de surfactantes. Estos son producidos asociando estructuras polimerizadas de tipo hidrofílico o lipofílico, en forma de bloques o de injertos. Algunos de estos surfactantes son indispensables en procesos donde están involucradas macromoléculas naturales como en la deshidratación de petróleo. Dentro de este grupo se encuentran las resinas sulfonadas o etoxiladas y los copolimeros bloque de óxido de etileno o de óxido de propileno (Austin G1988).

### 2.7 COADYUVANTES

Estos compuestos son sustancias que se incorporan a la formulación de un detergente para mejorar o proteger la eficacia detergente del tensoactivo. Entre los más frecuentes se consideran los polifosfatos, silicatos, carbonatos, citratos, otros.

El más utilizado es el tripolifosfato sódico (TPP) cuya fórmula es  $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$  y se emplea tanto en los detergentes en polvo para el lavado de ropa como los detergentes para lavavajillas automáticas.

Las principales funciones que realizan estos compuestos en relación con el lavado son las siguientes:

Ablandar el agua de lavado secuestrando los iones calcio y magnesio, y en menor grado los iones de hierro y magnesio, formando grandes iones solubles en agua. De esta manera los iones metálicos no pueden interferir con la acción del tensoactivo.

Actuar como emulsionante de la grasa y como dispersante de las partículas sólidas de la suciedad, impidiendo su redeposición.

Debido a que sufren una reacción de hidrólisis con el agua de lavar permiten el mantenimiento de una alcalinidad idónea en el baño de lavado para una eliminación efectiva de la suciedad.

Ejercer una acción sinérgica con los tensoactivos, mejorando notablemente el efecto del lavado. *P. Varo Galvañ (1996)*.

## 2.8 ADITIVOS

Un aditivo es un componente complementario de un detergente que aporta propiedades ajenas a la acción detergente. Dentro de esta categoría se encuentran blanqueadores fluorescentes, que son compuestos orgánicos complejos y que tienen la propiedad de adsorber radiaciones ultravioletas invisibles, parte de cuya energía la emiten luego en forma de radiaciones de color azul. De esta forma se incrementa la luz visible reflejada por los tejidos.

Aumentando su brillo y su grado de blanco. También se consideran aditivos: los agentes inhibidores de la corrosión, como por ejemplo silicatos sódicos que a baja concentración, forma una película sobre las superficies metálicas protegiéndolas contra la corrosión; los agentes anti-redeposición, son muy importantes en los detergentes de ropa, pues impiden que las suciedades separadas de los tejidos durante el lavado vuelven a depositarse sobre los mismos. El compuesto más usado para este fin es la carboximetilcelulosa. Por último también son considerados como aditivo los perfumes, colorantes, suavizantes y agentes para el control de espuma. *P. Varo Galvañ (1996)*

Actualmente, la composición de los detergentes es una mezcla muy compleja de todos los componentes enumerados, siendo el número de formulaciones muy elevadas, variando no solo según su aplicación y forma de presentación (polvo, líquido, tabletas), sino también según la posición geográfica las formulaciones varían según sea en Japón, Europa o EEUU)

bien por su naturaleza (dureza del agua, posibilidad de secado al sol, otros) o bien por diferentes hábitos de las personas. *Novozymes A/S 2002*.

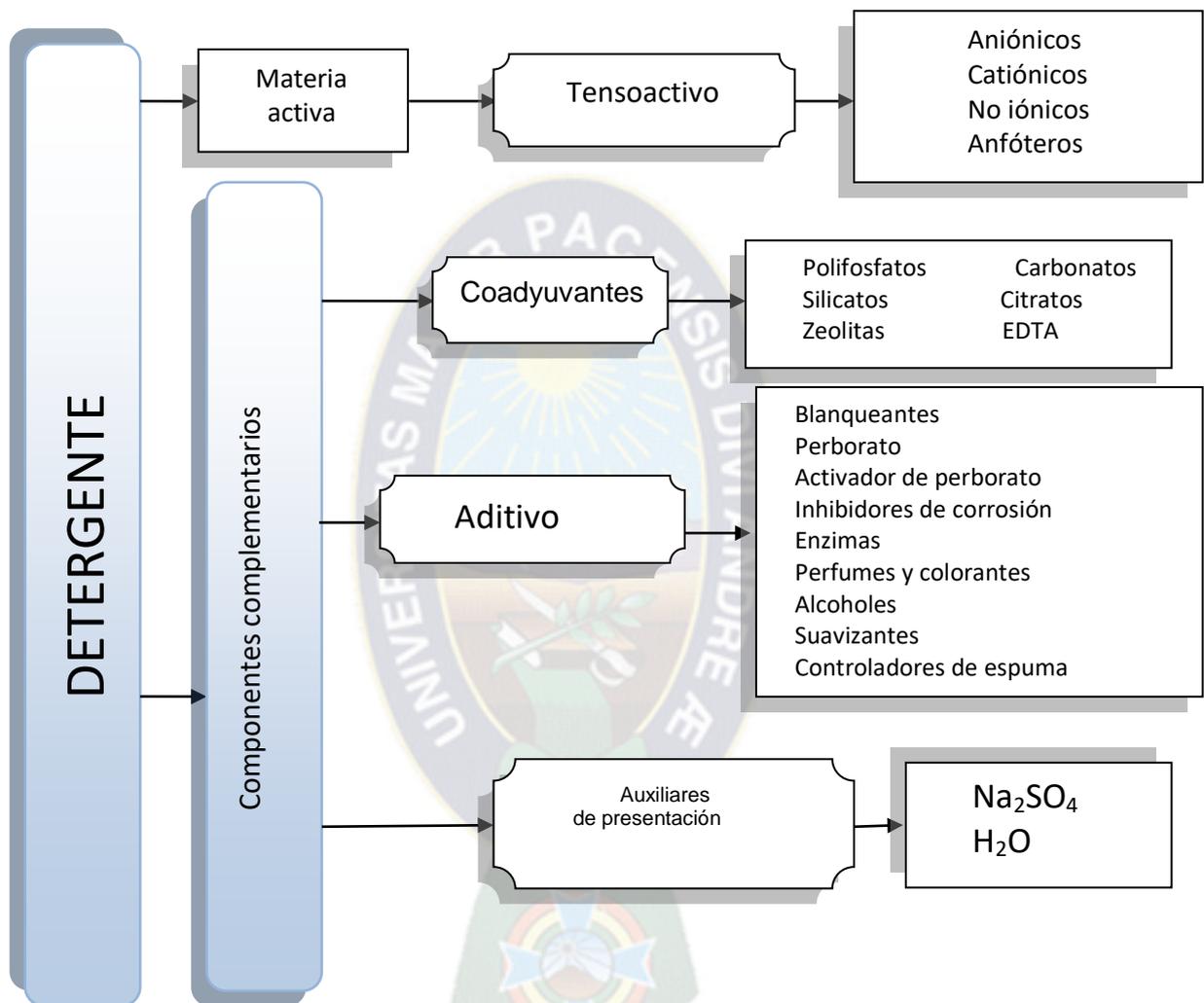


Figura 1: componentes de la formulación de un detergente

Fuente: *García Domínguez 1986*

Según *García Domínguez 1986* las formulaciones de uso más frecuente pueden incluirse en los cuatro grupos siguientes:

1. Detergentes para el lavado doméstico a máquina de prendas textiles conocidos también como Heavy Duly Detergents.
2. Detergentes para el lavado a mano de vajillas, llamados Light Duly Detergents. A veces se incluyen en este tipo de detergentes destinados al lavado a mano de ropas delicadas o poco sucias.

3. Detergentes para la limpieza de superficies duras que no sean las de los componentes de lavavajillas.
4. Detergentes para maquinas lavavajillas automáticas.

La composición de los detergentes para el lavado de superficies duras difiere de la de textiles debido a distintas características que se exigen a estos productos. Por ejemplo, en el caso de los detergentes para lavavajillas los residuos alimentarios (especialmente la suciedad de tipo proteico) generan espumas que causan la disminución de la precisión del lavado y de la energía cinética de los chorros.

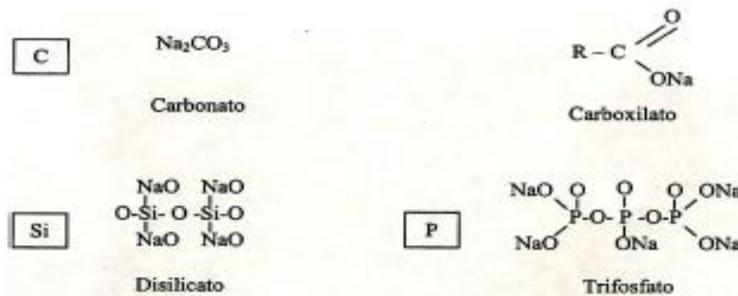
De acuerdo con *Kisa 1937*, para evitar este efecto, los detergentes para lavavajillas están formados principalmente por coadyuvantes y tensoactivos con poder espumante reducido, tales como los no iónicos.

Productos	Composición
Detergente textil lavadora	Tensoactivos aniónicos, jabones álcalis, secuestrantes, dispersantes, blanqueadores basados en oxígeno, blanqueadores ópticos, enzimas, colorantes, perfumes, cargas
Suavizante textil	Tensoactivos catiónicos, perfume, colorantes
lavavajillas	Tensoactivos aniónicos, tensoactivos no iónicos, conservante, perfume, colorante
Limpia hogar	Tensoactivos aniónicos, tensoactivos no ionicos, conservante, perfume, colorante, perfume, colorante, glicoles, secuestradores
Limpia cristales	Tensoactivos aniónicos, perfume, alcoholes

Gráfico N°1: Composición de algunos detergentes

## 2.9 FORTIFICADORES O AGENTES SECUESTRADORES DE DUREZA

Existen tres elementos químicos que forman la base para casi todos los agentes secuestradores: silicio, carbono y fosforo.



FiguraNº2: Principales elementos en los agentes secuestradores.

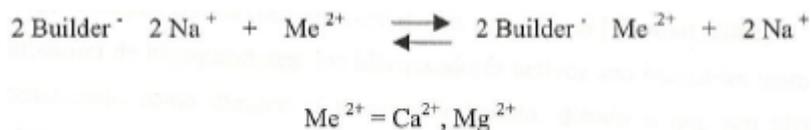
Fuente: (Contreras2008)

El fosfato no solo funciona como enlazante de los iones de dureza del agua, sino que también favorece la suspensión del sucio en la solución de lavado y actúa como buffer del pH de la solución. En las regiones en las que los compuestos de fosfato tienen regulaciones ambientales por su efecto en las aguas residuales, se comenzó a emplear otros compuestos capaces de cumplir las mismas funciones, pero que a su vez, aumentaron la complejidad de la formulación.

Así, desde la década de los 70 se empezaron a utilizar materiales con capacidad de intercambio iónico como las zeolitas y silicatos, polímeros de policarboxilato para la suspensión del sucio en el lavado, ácido cítrico para la dispersión y control de pH, y carbonato para el control de calcio y como buffer.

Dentro de las funciones principales de los agentes secuestrados se tienen:

1. Suavizantes del agua: la función básica de los “builders” es enlazarse a los iones de dureza en el agua corriente y proveer el intercambio de iones de sodio.



FiguraNº 3: Desactivación de los metales de dureza

Fuente: Fogler Scott 2002)

La remoción de los iones libres de calcio y magnesio es esencial para el desempeño en el lavado. Las durezas de calcio y magnesio libre se encuentran presentes en las aguas superficiales, en diferentes cantidades y

relaciones dependiendo de la zona geográfica y el tipo de tratamiento al que es sometida el agua. Estas durezas implican inconvenientes en el proceso de lavado debido a que:

- Intervienen en el desempeño de los surfactantes aniónicos reduciendo su solubilidad y su eficacia en la remoción y dispersión del sucio.
- Interactúan con sucios de ácidos grasos formando jabones de calcio y magnesio, los cuales son altamente insolubles y difíciles de extraer de las telas.
- Mantienen atrapados los sucios de tipo aniónico en las telas a través de puentes iónicos.
- Se absorben sobre las telas de algodón y precipitan como carbonatos y silicatos, así como sales de calcio de ácidos grasos. Esto origina serias dificultades para el mantenimiento de la blancura de las telas.
- Interactúan con sucios específicos (por ejemplo la tierra) para causar aglomerados, trayendo como consecuencia una remoción pobre del sucio y la redeposición del mismo.

2. Fuente de alcalinidad/capacidad de buffer: Las condiciones alcalinas de un proceso de lavado a un pH entre 9,5 y 11 promueve la remoción de sucio de las telas. Además, la alcalinidad saponifica y emulsiona las grasas y favorece la solubilidad o dispersión de material proteínico en la solución.

3. Actividad dispersante/antidepositante: Otra función importante de los agentes secuestradores es la de suspender los sucios que han sido removidos en la solución de lavado. Los materiales que tienen polianiones, tales como el tripolifosfato, los silicatos y en especial los policarboxilatos poliméricos, son efectivos gracias a la repulsión entre las partículas de sucio cargadas negativamente y los polianiones.

4. Estabilización de blanqueadores: los blanqueadores activos son inestables tanto en su almacenamiento como durante el proceso de lavado, debido a que son muy sensibles a trazas de iones de metales pesados los cuales pueden causar la descomposición instantánea del peróxido si se encuentran libremente en solución. Los agentes quelantes son muy efectivos a la hora de reaccionar con los iones, metales pesados y prevenir la descomposición de los radicales de los blanqueadores oxigenados. (Contreras 2008)

## **2.10 INHIBIDORES DE CORROSION**

Son sustancias que inhiben la acción corrosiva de los tensoactivos sulfatados y sulfonados sobre los metales de las máquinas lavadoras, siendo el más común el silicato de sodio. Este además disminuye el efecto de separación en capas cuando se transporta el detergente a largas distancias, debido a la diferencia de densidades que poseen cada uno de sus componentes, estabiliza la mezcla y mejora la velocidad de solubilización del detergente. (Austin G1988)

## **2.11 BLANQUEADORES**

La suciedad que no se elimina por los mecanismos usuales, con frecuencia puede modificarse mediante un blanqueador para retirarla con mayor facilidad. Los blanqueadores de cloro (por ejemplo, hipoclorito de sodio o ácido tricloroisocianurico, que se utilizan en polvos limpiadores) tienen un olor desagradable y tienden a descomponerse durante el almacenamiento, dañar las telas y los colorantes, y en el caso del nylon le confieren un color amarillento brillante. Es por esto que es preferible utilizar los blanqueadores que se descomponen formando peróxido de hidrogeno y el más usado es el perborato de sodio.

### **2.11.1 BLANQUEADORES OPTICOS**

Los agentes fluorescentes son tintes incoloros que producen una fluorescencia azul al adsorberse sobre las telas cuando son expuestos a la luz del sol. Estos enmascaran cualquier tono amarillo debido al envejecimiento de la tela y producen un aspecto genuinamente “más blanco que blanco”. Estos agentes no funcionan muy bien con fibras sintéticas porque no adsorben en forma adecuada. Con frecuencia se emplean mezclas de blanqueadores ópticos y cada uno de los componentes es efectivo con una fibra distinta.

## **2.12 CARGAS AUXILIARES Y DE PROCESAMIENTO**

Se utilizan como relleno para abaratar el producto. No contribuyen en el proceso de detergencia pero le confiere al polvo mayor soltura y un mejor flujo, disminuyendo así la cantidad de detergente necesaria para efectuar un buen lavado. En contraposición, ocasiona un aumento en la redeposición del

sucio, lo cual se hace necesaria la existencia de una relación óptima de trabajo. El compuesto más utilizado es el sulfato de sodio.

### **2.13 ESTABILIZADORES DE ESPUMA**

Para el público, un detergente efectivo debe producir espuma. No solo se considera a la espuma como una ayuda en el proceso de limpieza, sino también oculta el agua, la cual debido a la formación de micelas y la suspensión de suciedad, siempre aparece sucia. De hecho no hay relación directa entre la espuma y la detergencia, y en ciertos casos (por ejemplo, maquinas lavadoras de carga frontal o lavadoras de platos) la espuma excesiva constituye una desventaja. Sin embargo, en las formulaciones generales se considera conveniente agregar un estabilizador de espuma como la n-hidroxietil-lauramida.

### **2.14 AGENTES SUSPENSORES DE SUCIEDAD**

El principal agente suspensor de suciedad es la carboximetilcelulosa sódica (CMC). Su función es evitar la redeposición de suciedad y actúa incrementando la carga negativa sobre la superficie de las telas, que entonces repelen las partículas de suciedad, las cuales poseen cargas negativas.

### **2.15 ENZIMAS**

Las manchas producidas por proteínas como el huevo, leche y sangre son difíciles de eliminar por la acción del detergente, ya que son insolubles en agua, se adhieren con fuerza a las fibras e impiden la penetración del detergente. Al agregar una enzima proteolítica a la formulación, esta cataliza la hidrólisis de las proteínas formando péptidos solubles en agua y aminoácidos, o cuando menos las hacen permeables al agua, por lo que la mancha puede eliminarse junto a la mugre grasosa (Austin G1988).

Las enzimas se han adicionado a algunas formulaciones de detergentes desde mediados de los años sesenta. Estas funcionan con más eficiencia a temperaturas inferiores a la del lavado normal y es mejor dejar los artículos en el detergente con enzimas durante la noche. La enzima puede presentar un riesgo toxico a las personas que habitualmente están expuestas a ellas, así como la inhalación de polvo de enzimas puede ser dañina.

## 2.16 PROCESO DE MANUFACTURA

Los procesos de manufactura de detergentes aniónicos sintéticos se inician indistintamente con la neutralización del ácido alquilbenceno sulfónico, de donde resulta el agente tensoactivo como producto intermedio, el cual se incorpora como componente activo en la formulación del detergente, seguido de un proceso de aditivación o incorporación de los diferentes aditivos que complementan la elaboración del detergente y por último una fase de terminación donde, generalmente, se retira la humedad excesiva para cumplir con los requerimientos del detergente para ser vendido en las diferentes formas físicas como polvo, barras o pastillas. (Paul,Edward 2004)



# CAPITULO 3

## IMPACTO AMBIENTAL DE LOS JABONES Y DETERGENTES

### 3.1 INTRODUCCION

La actividad diaria en las casas y en las industrias da lugar a vertidos y escapes de detergentes, estas sustancias como consecuencia de errores humanos, errores mecánicos, descuidos y falta de interés e información por cuidar el medioambiente.

Cabe destacar que, aunque ambos agentes son biodegradables, esta propiedad se ve muy limitada si estos compuestos se encuentran en exceso en las aguas.

Debemos tener en cuenta que en la mayoría de las ocasiones, el agua contaminada se filtra en el suelo dejando en él parte de los contaminantes; otras veces, sin embargo, esos contaminantes no quedan atrapados en los suelos y pasan a las aguas subterráneas. De esta forma, pueden resultar afectadas extensas áreas superficiales y subterráneas además del agua marina.

### 3.2 PROBLEMÁTICA DE LOS DETERGENTES.

#### 3.2.1 JABONES

Los jabones presentan la desventaja de que, si se usan en aguas duras, tienden a formar sales con los cationes de los metales dando lugar a natas que neutralizan su acción. Esas sales, también pueden ser insolubles, acumulándose como precipitados. El exceso de jabón utilizado precipita en forma de sales cálcicas de los ácidos grasos, arrastrando consigo la parte de la suciedad no soluble y formando emulsiones.

Otro aspecto contaminante de los jabones está basado en la lenta biodegradación de algunos de los compuestos que los constituyen, como los alquilbencenosulfonatos de cadena ramificada.

### **3.2.2 DETERGENTES**

Debido a su gran utilidad tanto en la industria como en los hogares, se usan en gran cantidad constituyendo una fuente contaminante del agua muy importante.

A finales de la década de 1960, debido al aumento de la preocupación por la contaminación del agua, se estudió la composición de los detergentes llegando a la conclusión de que contenían compuestos químicos dañinos, como los fosfatos y por tanto, no debían estar presentes en los mismos. En su lugar, se propuso el uso de agentes biodegradables fácilmente eliminables y de fácil asimilación por algunas bacterias.

Los problemas ambientales que causan los detergentes radican, fundamentalmente, en los aditivos que contienen como los blanqueadores, abrillantadores ópticos, perfumes, bactericidas y agentes espumantes. Los aditivos que contienen en mayor proporción son los sulfatos (tripolifosfato de sodio).

### **3.3 DETERGENTES CON FOSFATOS: EUTROFIZACIÓN**

Cuando se ha desechado un detergente fosfatado, los fosfatos son arrastrados por el drenaje; la mayor parte de las plantas de tratamiento de aguas no están diseñadas para eliminar fosfatos, por tanto, éstos pasan al agua a través del efluente.

Los fosfatos actúan como nutriente para las algas y plantas acuáticas, provocando la degradación de las aguas naturales.

En los lagos, al aumentar la cantidad de flora acuática, se dificulta o impide el intercambio de oxígeno y dióxido de carbono. Se acumula, pues gran cantidad de material vegetal en descomposición en el fondo que da lugar a hacer menos profundo el lago aumentando así su temperatura y cantidad de nutrientes. Puesto que la descomposición se da en ausencia de oxígeno, se obtienen productos secundarios como metano, amoníaco y

sulfuro de hidrógeno que dan mal olor al agua. Los peces también requieren oxígeno disuelto para sobrevivir y, como se ha consumido, mueren. A largo plazo el lago se convierte en un pantano y más a largo plazo, en un prado o en un bosque. Este proceso natural se ve acelerado por la presencia de fosfatos.

A todo el proceso anterior se le denomina como eutrofización del agua. Este problema no es tan importante en las aguas corrientes, aunque también se da en embalses, ríos y mares litorales.

### **3.4 DETERGENTES SIN FOSFATOS: TOXICIDAD**

El nitrilo del ácido triacético (NTA) posee biodegradación cambiante que requiere oxígeno para ello. Se liberan productos con alto contenido en nitrógeno que, además de facilitar la eutrofización del agua por ser nutrientes para las plantas, resultan tóxicos debido a la formación de compuestos con iones metálicos venenosos.

El NTA no se degrada en condiciones anaerobias como las existentes en las fosas sépticas.

### **3.5 CONTAMINACION DEL MEDIO AMBIENTE POR DETERGENTES.**

#### **3.5.1 AGUA**

La formación de espumas más abundante en presencia de sales de calcio y también de proteínas en el medio. Pueden contener bacterias y virus. Dificultan el tratamiento de las aguas por problemas de operación en las plantas depuradoras.

Inhiben la oxidación.

Alteran de la transferencia y disolución del oxígeno entre la superficie y el aire, dificultando la autodepuración de las corrientes de agua.

Perturban la sedimentación. Impiden el desarrollo de las algas.

Alteran el olor y sabor de las aguas potables

Efectos tóxicos que dependen del tipo de detergente, sensibilidad de los microorganismos y condiciones del medio acuático.

### **3.5.2 SUELO**

Alteran la permeabilidad del suelo facilitando la penetración de microorganismos en las aguas subterráneas.

Efectos tóxicos en los cultivos debido a la presencia de detergentes en las aguas de regadío.

## **3.6 DESCONTAMINACIÓN**

### **3.6.1 AGUA.**

En las zonas montañosas con desniveles adecuados, se usan canalizaciones en anillo en las que se recolectan los desagües de las poblaciones del entorno y se llevan fuera de los lagos. A la salida de los mismos se purifica el agua mecánica y biológicamente.

Donde no es posible la canalización en anillo se purifican las aguas de desagüe. Durante la etapa de limpieza biológica, para eliminar los nitratos y fosfatos, se utilizan sales de hierro y aluminio en lechada de cal que precipitan los compuestos anteriores, siendo más fácil su eliminación. Así se evita la eutrofización.

### **3.6.2 SUELOS**

No hay técnicas de descontaminación específicas para suelos contaminados con detergentes y jabones, de hecho, en algunas de ellas se utiliza agua que los contiene para tratar suelos y aguas subterráneas contaminados por otras sustancias.

Los tratamientos dependen de la naturaleza y geometría de la contaminación, teniendo un peso importante el factor económico.

Cabe destacar que ninguna de las soluciones suele resolver al 100% los problemas planteados por la solución, a veces porque el problema queda parcialmente resuelto y, en otras ocasiones, porque se producen efectos

indeseados sobre el suelo o agua, aunque de menor envergadura que el problema inicial.

### **3.7 PROCESOS DE ELIMINACION DE TENSOACTIVOS**

Los principales métodos que se utilizan para retirarlos del medio ambiente son:

- Método de eliminación por espumación: agitamos el agua o introducimos aire, generando espuma donde se acumula el tensoactivo o tiende a acumularse en ella, luego se recoge la espuma. Es un método poco usado por su escasa utilidad, además genera problemas en las depuradoras, resulta indeseable.
- Eliminación por adición de detergentes catiónicos: para eliminar tensoactivos aniónicos añadimos tensoactivos catiónicos, produciendo una reacción que tiene como producto una sal insoluble (sin carga) que precipita y se elimina del agua. Es un método caro y además los tensoactivos catiónicos son aún más tóxicos que los aniónicos.
- Eliminación por percolación sobre el terreno: hemos visto que los tensoactivos tienen gran capacidad de adsorberse. Existen los llamados filtros verdes, los cuales consisten en regar una superficie donde hay una serie de plantas de crecimiento rápido. La materia orgánica y el tensoactivo se queda retenida en el sedimento, y el agua es utilizada por las plantas. Esto solo es válido para poblaciones pequeñas con mucha superficie de terreno.
- Eliminación por adsorción: se utilizan adsorbentes, debido a la tendencia del tensoactivo a adsorberse. Por ejemplo el carbón activo, las arcillas, la sílice, etc. Se añaden estos adsorbentes en pequeñas partículas, que se vinculan al tensoactivo y luego se retira todo una vez haya colmatado, más tarde se puede quemar, como en el caso del carbón activo que al quemarse combustiona el tensoactivo y el carbón se activa de nuevo.
- Eliminación mediante coagulantes: la coagulación es el proceso mediante el cual se pretende que partículas coloidales (menos de 1 micra) se agrupen formando partículas de mayor tamaño, que pueden retirarse por procesos de sedimentación. Como coagulantes se suelen usar:  $Fe^{3+}$  y  $Al^{3+}$ , pequeñas moléculas con mucha carga. Los cationes con mucha carga forman complejos de tensoactivos coagulante, interaccionando con otros, hasta alcanzar la suficiente capacidad como para sedimentar.

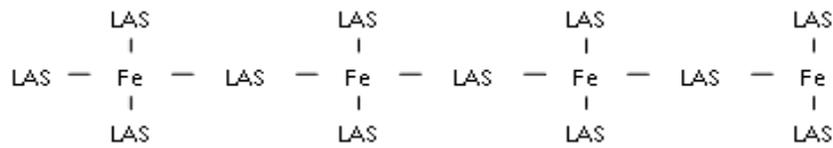
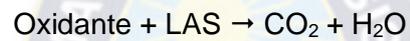


Figura N°4 Eliminación mediante coagulantes. Se forman complejos de tensioactivos coagulantes, con el  $\text{Fe}^{3+}$

Fuente:

➤ Eliminación por oxidación química: el tensioactivo es materia orgánica que se puede oxidar con agua oxigenada ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), con ozono ( $\text{O}_3$ ), con oxígeno ( $\text{O}_2$ ), o con cualquier otro oxidante. Se hace por vía química no biológica.

La reacción se da de la forma:



# CAPITULO 4

## DETERGENTES BIODEGRADABLES

### 4.1 INTRODUCCION

La biodegradación es un proceso que utilizan las bacterias que están presentes en la naturaleza. Así un compuesto químico orgánico sufre una biodegradación se transforma en un sustituto inorgánico y sus efectos desaparecen del medio ambiente.

Los jabones han sido usados durante miles de años y muchos tensoactivos sintéticos han sido usados durante los últimos 100 años, pero solo en los últimos 25 años han aparecido los problemas.

Así durante los años 50 el problema de la espuma persistente que parecía en los ríos fue solucionado con la sustitución de los ABS por los LAS. En la biodegradación debemos diferenciar entre los de biodegradación primaria y biodegradación última. La biodegradación primaria es la que ocurre cuando una molécula ha sido alterada por la acción bacteriana, hasta un estado en el que parte de sus propiedades originales han desaparecido o cuando no responde a los métodos específicos para detectar el tensoactivo. La biodegradabilidad última, es la que se obtiene cuando los compuestos que han perdido sus propiedades siguen biodegradándose hasta agua, dióxido de carbono y metano, productos asociados al metabolismo de la bacteria. *P: Varo Galván (1996).*

Bajo el término de biodegradación se engloban todos aquellos procesos realizados por agentes microbiológicos medioambientales que transforman la materia orgánica compleja en compuestos más simples capaces de ser utilizados como alimento y generar energía,

además de ser transformados en material inorgánico después de sufrir diferentes procesos químicos. *Hrsak (1996)*

El conocimiento del proceso degradativo de LAS es aun escaso. Es sin embargo bien conocido que la acción de la comunidad. *Schulz et al., (2000)*

El LAS es comúnmente referido como un surfactante con elevada capacidad de ser biodegradado en condiciones aeróbicas (95% de degradación primaria). *Berna et al., (1989)* Sin embargo, bajo condiciones anaerobias, su biodegradabilidad es mínima y se realiza mediante sistemas de mecanismos que aún no se conocen en profundidad, aunque este es un tema que actualmente sigue siendo motivo de numerosas investigaciones y discusiones científicas.

El LAS sufre degradación primaria inducida por microorganismos en condiciones aerobias, generándose ácidos sulfonil carboxilatos (SPCs) como intermediario de biodegradación. El proceso de biodegradación comienza mediante una  $\omega$ -oxidación y seguidamente  $\beta$ -oxidación, seguida de la apertura del anillo y la desulfuración. *Schoberl, (1989); Cook, (1998); Yadav et al., (2001)*

Estos compuestos intermediarios poseen una toxicidad mucho menor que la molécula madre, además de no presentar propiedades deterativas. La biodegradación completa de LAS concluye con la rotura del compuesto transformándose en  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  que se incorpora a la biomasa del ecosistema. *Heinze et al (1993)*.

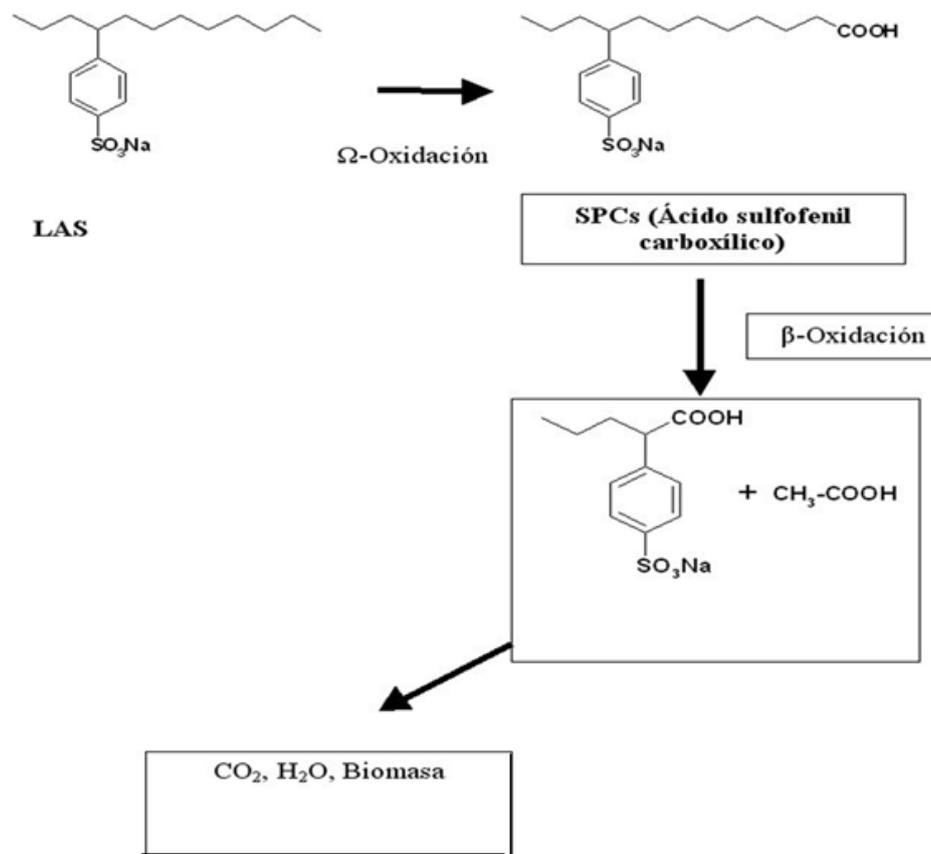


Figura N° 5: Biodegradación completa de LAS redibujado de.  
Fuente: Heinze J.E and Brittonm 1993

La vida media de LAS varía sensiblemente en función del medio donde se encuentra, fluctuando en las 3-4 horas en plantas depuradoras a los varios días en el caso de los lodos, suelos o sedimentos aerobios. No obstante, en todos los casos la tasa de biodegradabilidad es cercana al 100%. Numerosos estudios han demostrado que el LAS en condiciones aeróbicas es rápidamente degradado. *Jensen (1999), Kuchler and Sachnaak (1997)*

Un problema adicional que puede afectar a la biodegradación de LAS y como consecuencia, potenciar su efecto tóxico en el medio ambiente acuático es su precipitación con las sales de calcio y magnesio. Una vez precipitado en LAS disminuye su disponibilidad para ser biodegradado. *García et al., (2006)*

# CAPITULO 5

## JUSTIFICACION

Dada a la nueva tendencia mundial en el uso de los detergentes biodegradables dentro de lo que es la Química verde existe muy poco conocimiento acerca de estos en nuestro país.

Las políticas de control de empleo de detergentes, en nuestro país no son nulas, más aun cuando productos de primera línea de limpieza contienen compuestos fosfatos que llegan a causar problemas ambientales.

La imperiosa necesidad de cuidar nuestro medio ambiente es conveniente realizar investigaciones que promuevan su utilización (de detergentes biodegradables), lo cual con llevaría a un uso racional de los detergentes en Bolivia .Disminuyendo de esta manera los riesgos que implica la utilización de los detergentes comunes que van contaminando el ambiente, destruyendo la micro fauna y flora existente, importante para tener una producción saludable y sostenida de productos agrícolas.

# CAPITULO 6

## OBJETIVOS

### OBJETIVO GENERAL

- ✓ Reformular tres detergentes de limpieza de la empresa **PLUS SRL**, que cumpla con las características de **biodegradabilidad y capacidad bactericida**.

### OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✓ Establecer los métodos de análisis microbiológico en los productos reformulados.
- ✓ Establecer un método de cuantificación de la biodegradabilidad de los productos reformulados.
- ✓ Aplicar las normas de calidad ambientales (ISO 14885) en los diferentes productos de limpieza reformulados.
- ✓ Evaluar los parámetros de pH y densidad, de los productos de limpieza reformulados.

# CAPITULO 7

## 7.1 MATERIALES Y METODOS

Se elaboró los productos, que fueron realizados en primera instancia en el laboratorio y luego se implementó a nivel industrial corrigiendo ciertos parámetros como ser: el tiempo de agitación y la temperatura.

### 7.2 DETERGENTE LAVAVAJILLA

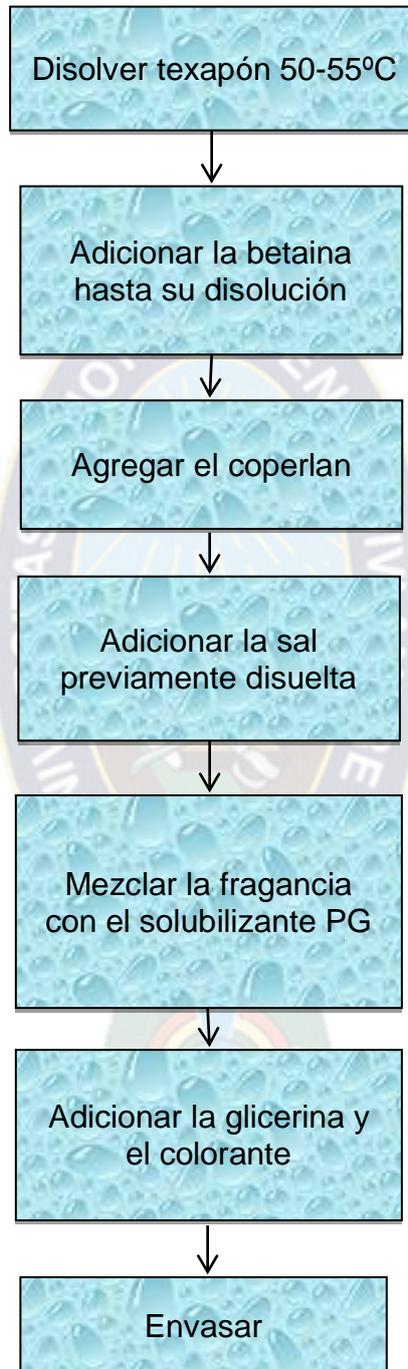
Para la elaboración del producto se siguió el siguiente procedimiento:



### 7.3 DETERGENTE LAVAMANOS

Para la elaboración del producto se siguió el siguiente procedimiento:

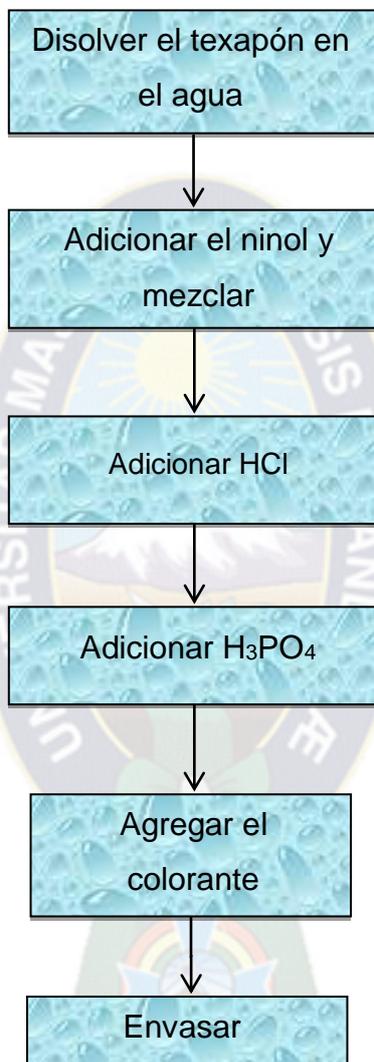
#### PREPARACIÓN:



## 7.4 DETERGENTE ELIMINADOR DE SARROS

Para la elaboración del producto se siguió el siguiente procedimiento:

### PREPARACIÓN



## 7.5 ENSAYOS FISICOQUIMICOS DE LOS DETERGENTES

Dentro de estos ensayos se realizó los siguientes:

### 7.5.1 DETERMINACION DE LA DENSIDAD

- ✓ Se pesó un picnómetro vacío marca Germany.
- ✓ Luego se pesó el picnómetro vacío más agua destilada.
- ✓ Luego se pesó el picnómetro vacío más cada producto (ver anexo I).

Cada peso se realizó a una temperatura de 20°C y por triplicado,

### 7.5.2 MEDICION DEL pH

- ✓ Se utilizó un pH metro
- ✓ Se calibro con pH 4,7 10
- ✓ Se midió el pH

## 7.6 ENSAYOS DAPHNIAS ISO INTERNACIONAL

El método de **Toxicidad Aguda** está basado en la determinación del cálculo de la Concentración Letal al 50% o LC<sub>50</sub> utilizando un micro crustáceo como indicador. De acuerdo a lo establecido por la NCh2083Of.1999 “Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Crustacea, Cladocera)”, **única norma vigente en la actualidad en Chile** para evaluar la toxicidad aguda de productos químicos. Díaz H. (2010)

Además, debe destacarse que para evaluar toxicidad aguda con disponibilidad de pequeños volúmenes de producto, es necesario contar con especies que puedan ser evaluadas con esta exigencia, lo que no puede hacerse, por ejemplo, con peces (ej. El “baunco” *Girellalaevifrons*) y mega crustáceos (como el “camarón de roca” *Rhynchocinetestypus*), en los cuales se requiere grandes volúmenes de muestra para evaluar en pruebas preliminares y definitivas de bioensayos.

Cabe recordar que la **Concentración Letal al 50 % o LC<sub>50</sub>** se define como la concentración del producto a la cual el 50 % de los organismos utilizados usados en los ensayos sobre vive en un tiempo determinado (24 ó 48 horas). La concentración es ajustada preliminarmente por un primer ensayo. Estos ensayos preliminares sirven para ajustar el rango de concentraciones en donde se hallaría el valor de LC<sub>50</sub>, mientras que las pruebas siguientes, finales, permiten establecer el punto final.

De acuerdo a la actual normativa vigente, el “**nivel de toxicidad**” se deriva del valor  $LC_{50}$  a las 48h ( $LC_{50-48h}$ ). No obstante lo anterior, también se determinó en esta ocasión el valor  $LC_{50}$  a las 96h ( $LC_{50-96h}$ ).

En tanto, los bioensayos de **Toxicidad Crónica** permiten evidenciar diferentes respuestas como: conducta, fecundidad, desarrollo, bioacumulación, etc. Se expresan como  $EC_{50}$  (concentración que provoca un efecto en el 50% de los estadíos u organismos ensayados), luego de un tiempo determinado (minutos u horas). Se estima que la toxicidad crónica puede causar efectos tóxicos acumulativos o efectos carcinogénicos, mutagénicos o teratogénicos en el ser humano.

## **7.7 EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD AGUDA**

- **Ensayos de Toxicidad Aguda**

Los ensayos fueron efectuados de acuerdo a lo establecido y recomendado por las normativas internacionales de APHA (1989), USEPA (1993, 1995) e ISO 6341:1996 (E) y las normativas nacionales NCh 2083 Of.1999 “Bioensayo de toxicidad aguda mediante la determinación de la inhibición de la movilidad de *Daphnia magna* o *Daphnia pulex* (Crustacea, Cladocera)” y NCh426/2, NCh2313/5, NCh411/2 y NCh411/3, utilizando la especie tipo *Harpacticus littoralis*. A continuación se detalla el procedimiento.

- **Reactivos**

Se utilizaron todos los reactivos necesarios de calidad p.a. (grado analítico). Como agua de prueba y agua de cultivo se utilizó agua reconstituida, es decir, agua para análisis (Ver anexos II)

- **Organismos de Prueba**

Se utilizó la especie *Harpacticus littoralis* (Crustacea, Copepoda). Los especímenes adultos del copépodo intermareal fueron capturados en el sector de la laguna.



Figura Nº 6 Fotografía microscópica de *Daphnia magna*  
Fuente: Díaz H. (2010)

## PROCEDIMIENTO

- ✓ Se realizó diluciones de 0,05; 0,01; 0,5; 1 ppm, de los detergentes a prueba.
- ✓ Se utilizó como control positivo el detergente comercial marca OLA.
- ✓ Se utilizó como control negativo agua reconstituida.
- ✓ Se incubó las *Daphnia spp.* seleccionadas de tercera generación.
- ✓ Se inoculó 10 organismos, para cada prueba.
- ✓ Se observó a las 24, 48 y 96 h de incubación.
- ✓ Se registró el intervalo de concentración en que se obtiene el 0 % y el 100 % de inmovilización.
- ✓ Se consideró inmovilizados ( 0 % ) los organismos que después de una leve agitación de las placas, son incapaces de desplazarse aunque muevan sus antenas, durante un período de observación de 15 segundos
- ✓ Se realizó tres réplicas para cada detergente.

- ✓ Se contabilizó los organismos sobrevivientes. Y los muertos
- ✓ Se utilizó el programa estadístico R-proyect para el cálculo Probit. (Ver anexo III)

## 7.8 ENSAYOS CON THICODERMA

### Cepa de estudio

Para la prueba de biodegradabilidad de los detergentes se empleó el hongo *Trichoderma inhamatum* BOL-12QD, procedente del cepario del IIFB - UMSA.

### Conteo de esporas.

Para el conteo de esporas, se empleó cultivos con 15 días de viabilidad, del cual se obtuvo una suspensión de esporas en buffer Tanquay, y posteriormente diluida en solución de azul de metileno, para el conteo respectivo en cámara hematológica de Neubauer, ajustando la concentración final de esporas de *Trichoderma inhamatum* a  $10^6$  propágulos/ml.

### Evaluación de la capacidad biodegradativa de los detergentes.

Se empleó el medio basal (0.05%  $MgSO_4$ ; 0.06%  $HK_2PO_4$ ; 0.05%  $KH_2PO_4$ ; 1.5 % Agar) para analizar la actividad degradativa de los detergentes se empleó: 1% del detergente lava manos; 1% detergente lava vajillas; 1% del eliminador de sarro. Se evaluó el crecimiento del hongo *Trichoderma*, en los diferentes medios incubados a 25 °C, durante 5 días, en milímetros de crecimiento.

## 7.9 CONCENTRACIÓN MÍNIMA BACTERICIDA DE LOS DETERGENTES.

Se empleó el caldo enriquecido de Mueller Hinton (Britania S.A.) (Ver anexo IV) para analizar la concentración inhibitoria mínima de los detergentes realizándose una dilución 1 en 10 de los primeros tubos, llegando a las concentraciones de: 10 % del detergente lava manos; 10 % detergente lava vajillas; 10 % del eliminador de sarro. Como sigue:

En el primer tubo se colocó 1,8 ml del caldo y se agregó 0,2 ml de detergente.

Se realizó diluciones 1 en 2 hasta el tubo 10.

En los siguientes tubos que contienen 1 ml de caldo, se agregó un ml del primer tubo, se realizó la mezcla, se saca 1 ml y se agregó al siguiente tubo, así correlativamente hasta llegar al tubo 10, en este se saca 1 ml y se desechó.

Se cultivó cepas ATTC de *Escherichia coli* (25922) y *Staphylococcus aureus* (25923), en tripteina soya caldo (Britania S.A.) (Ver anexo IV), se cultivó por 8 horas a una temperatura de 36 °C.

Después de las 8 horas se ajusta hasta llegar a una concentración de  $1 \times 10^8$  ufc/ml, añadiendo solución fisiológica estéril, midiéndose en un espectrofotómetro (Biotek  $\mu$ Quant) a una longitud de onda de 540 nm, hasta una lectura de Densidad Óptica (DO) de 0,8 de absorbancia.

Añaden 1 ml de cultivo de a cada tubo que contiene un ml de la solución de detergente. Realizando una dilución 1 en 2.

## 7.10 Prueba de discos de inhibición

Se cultivó cepas ATTC de *Escherichia coli* (25922) y *Staphylococcus aureus* (25923), en medio Agar Nutritivo (Difco TM) (Ver anexo IV).

Se Toma una colonia y se inoculó en caldo enriquecido de Tripteina Soya Caldo (Britania S.A.), se cultivó durante 8 horas a una temperatura de 36 °C.

Después de las 8 horas se ajustó hasta llegar a una concentración de  $1 \times 10^8$  ufc/ml, para esto se añadió solución fisiológica estéril, midiéndose en un espectrofotómetro (Biotek  $\mu$ Quant) a una longitud de onda de 540 nm, hasta una lectura de Densidad Óptica (DO) de 0,8 de absorbancia.

Con la ayuda de un hisopo estéril se introdujo en el interior del caldo, se quitó el exceso presionando contra la pared interna del tubo, se llevó a medio de cultivo Mueller Hinton (Britania S.A.) y se sembró por el método del enrejado, que consiste en pasar por el medio de la cada de Petri el hisopo, presionando levente para evitar quebrar el agar, en el extremo superior se realizó frotos en zig-zag, cubriendo toda la superficie hasta llegar a la parte medio, se realizó un giro de 180 ° y se repitió la operación hasta la parte media, se giró 90 ° y se repitió la operación hasta la parte media, se giró 180 ° y se repite la operación hasta la parte media, y por último se pasó el hispo todo el borde del agar, con esto aseguró que se cubre toda la superficie con el microorganismo a prueba.

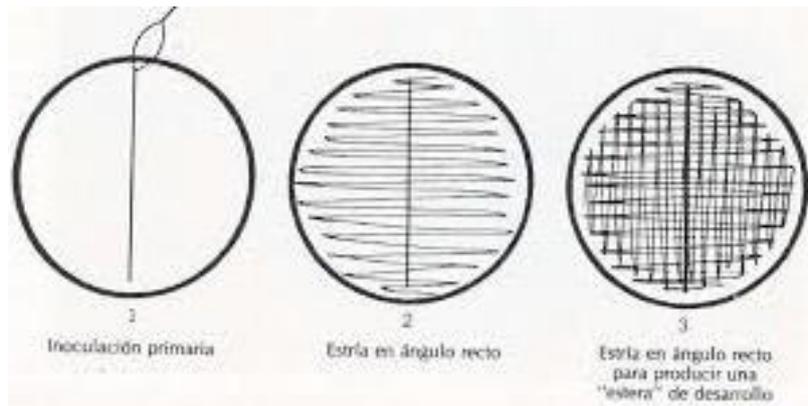


Figura N°7 Método del enrejado

Fuente: <http://microbiologia3bequipo5.blogspot.com/2014/10/tecnicas-y-metodos-de-estriado-en-caja.html>

En papel filtro se 0,5 cm (estériles) se inoculó 50  $\mu$ L de la muestra poco a poco, de diferentes concentraciones (20%, 40%, 60%, 80% y 100%), con la ayuda de una micropipeta.

Se introdujo el papel filtro con la ayuda de una pinza (estéril) en el agar Mueller Hinton (Britania sa), que tiene el microorganismo a prueba.

Se sembró a 37°C durante 24 horas.

Se midió los halos de inhibición que presentó cada detergente a diferente concentración.

# CAPITULO 8

## RESULTADOS

### 8.1 PRUEBA FISICOQUIMICAS

#### 8.1.1 DENSIDAD

Detergente	Densidad g/ml
Lava vajilla	1,028
Lava mano	1,024
Eliminador de sarro	1,046

**Figura N° 8 Determinación de densidades de los diferentes detergentes reformulados**

#### 8.1.2 pH

El pH de estos productos varía según el uso y la aplicación que tenga, por ejemplo el lava vajillas que tiene un pH de 9,54, el lava mano que tiene un pH de 7,02 y el eliminado de

Detergente	pH
Lava vajilla	9,54
Lava manos	7,02
Eliminador de sarro	1,04

**Figura N° 9 Medición del pH de los detergentes reformulados**

Detergente	pH
Lava vajilla Dawn Ultra	9,11
Lava vajilla Salvo	9,11
Lava vajilla Salvo extra higiene	9,11

**Figura N°10 Comparación del pH con otros detergentes lava vajillas**

Fuente: en línea [http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/RC452\\_Laboratorio.pdf](http://www.consumidor.gob.mx/wordpress/wp-content/uploads/2014/11/RC452_Laboratorio.pdf)

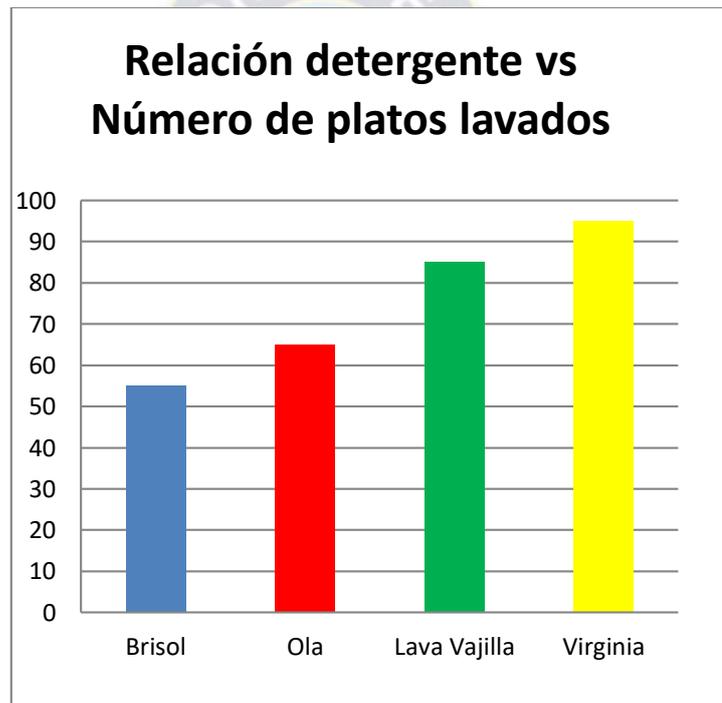
Detergente	pH
Eliminador de sarro Rust Remover	1,2 *
Eliminador de sarroFoamy Acid Cleaner Fp	< 1 **

**Figura N 11 Comparación del pH con otros detergentes eliminador de sarro**

FUENTE: \*[http://www.firstprocess.no/Chemical\\_Spanish.pdf](http://www.firstprocess.no/Chemical_Spanish.pdf)

\*\*[http://www.disserco.cl/certificaciones/Spartan/Catalogo\\_Spartan.pdf](http://www.disserco.cl/certificaciones/Spartan/Catalogo_Spartan.pdf)

Comparando con otros detergentes líquidos estos tienen una similitud con respecto a estos detergentes



**Gráfico N 2 Relación de la eficacia del Número de platos lavados comparado con el lava vajilla**

De acuerdo a este gráfico se observa que nuestro detergente (lava vajilla), aproximadamente lava 85 platos como promedio, alcanzado al detergente lava platos de la marca Virginia, que lava con un promedio de 92 platos

### 8.3 ENSAYOS DAPHNIAS

#### Lava vajilla

El LD50 encontrado para las 24 hrs fue de 0,168

El LD50 encontrado para las 48 hrs fue de 0,168

El LD50 encontrado para las 96 hrs fue de  $3,09 \times 10^{14}$

Tiempo en horas	LD <sub>50</sub>
24	0,168
48	0,168
96	$3,09 \times 10^{14}$

**Figura N 12 Cálculo del DL50 en *Daphnias* a diferentes tiempos para el Lava vajillas  
Lava mano**

El LD50 encontrado para las 24 hrs 0,237

El LD50 encontrado para las 48 hrs fue de 0,0055

El LD50 encontrado para las 96 hrs fue de -0,1010184

Tiempo en horas	LD <sub>50</sub>
24	0.237
48	0.0055
96	-0.1010184

**Figura N 13 Cálculo del DL50 en *Daphnias*  
a diferentes tiempos para el Lava manos**

#### **Eliminador de sarro**

El LD50 encontrado para las 24 hrs 0,204

El LD50 encontrado para las 48 hrs fue de 0,068

El LD50 encontrado para las 96 hrs fue de -0,113

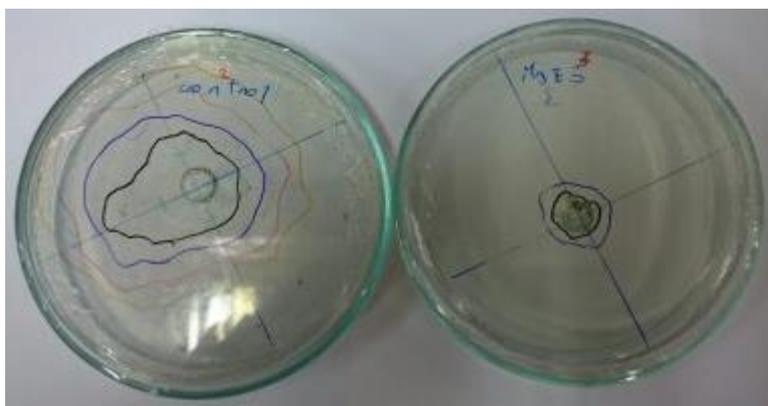
Tiempo en horas	LD <sub>50</sub>
24	0.204
48	0.068
96	-0.113

**Figura N° 14 Cálculo del DL50 en *Daphnias* a  
diferentes tiempos para el Eliminador de sarro**

Se utilizó el programa estadístico R-proyect.

#### 8.4 ENSAYOS CON *Trichoderma inhamatum*

Las gráficas de crecimiento de *Trichoderma inhamatum* hasta los 5 días, al cabo de los cuales el control llena la totalidad de la caja petri.



Fuente: Maldonado 2015

CINETICAS DE CRECIMIENTO EN mm					
Lava Vajilla	Días				
Repeticiones	1	2	3	4	5
1	0	12,75	20,5	22	27,5
2	0	13,75	19,75	24	27,5
3	0	13,5	24	27	30,5
Promedio	0	13,333	21,417	24,333	28,5

**Figura Nº 15** Cinética de crecimiento del microorganismo *Trichoderma inhamatum* frente a Lava vajillas

CINETICAS DE CRECIMIENTO EN mm					
Eliminador de Sarro	Días				
Repeticiones	1	2	3	4	5
1	0	8	14,25	16	21
2	0	8,25	14,5	16	25,5
3	0	8,75	9,25	14	19
Promedio	0	8,3333	12,667	15,333	21,833

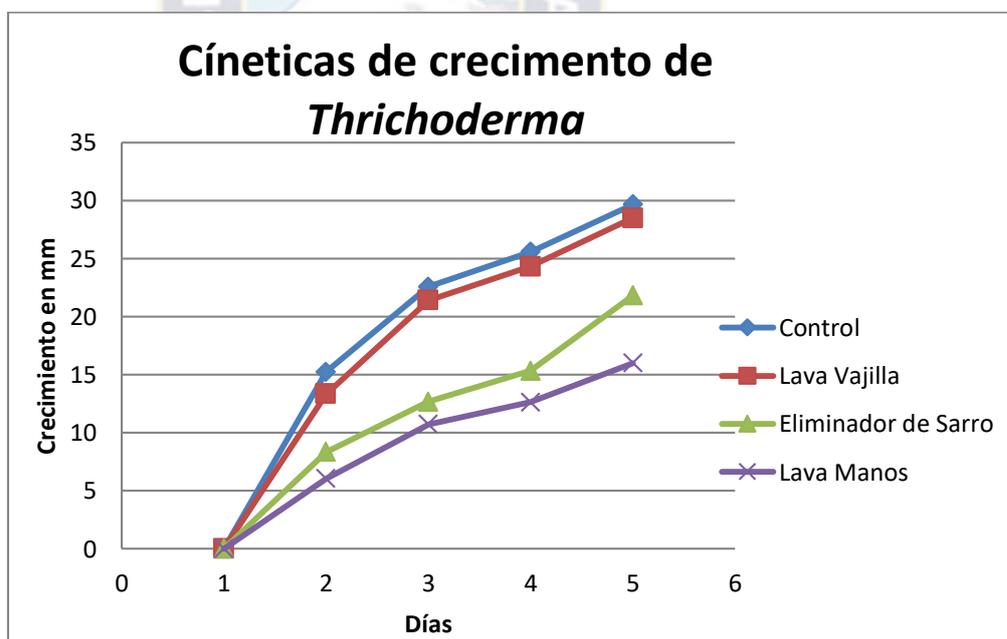
**Figura Nº 16** Cinética de crecimiento del microorganismo *Trichoderma inhamatum* frente a Eliminador de sarro.

CINETICAS DE CRECIMIENTO EN mm					
Lava Manos	Días				
Repeticiones	1	2	3	4	5
1	0	6,75	12,5	12,8	15
2	0	5,1633	8,9666	13,2	16
3	0	6,25	10,75	11,85	17
Promedio	0	6,0544	10,739	12,617	16

Figura N° 17 Cinética de crecimiento del microorganismo *Trichoderma inhamatum* frente a Lava manos.

control	1	2	3	4	5
1	0	16	26,25	26,35	31,75
2	0	15,25	20,5	26,4	27,75
3	0	14,5	21	24	29,5
Promedio	0	15,25	22,583	25,583	29,667

Figura N 18 Cinética de crecimiento del microorganismo *Trichoderma inhamatum* frente a un control.



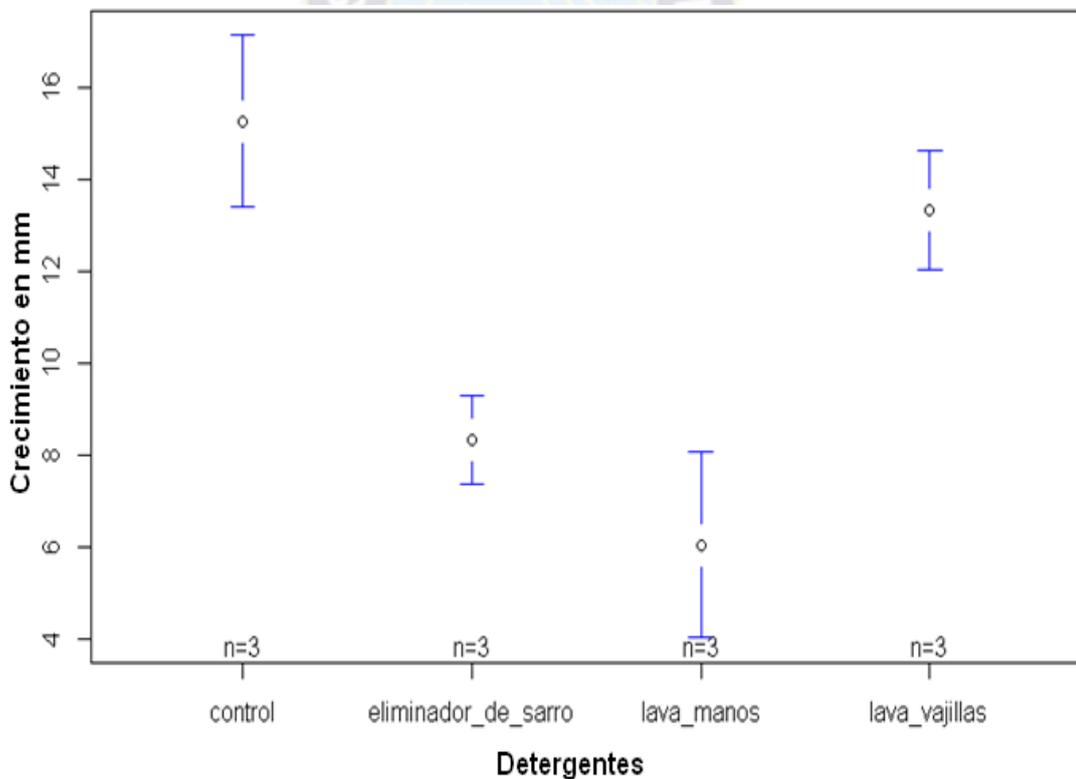
Gráfica N 3 Cinéticas de crecimiento de *Trichoderma inhamatum* frente a los tres tipos de detergentes y un control

En la cinética de crecimiento del *Trichoderma inhamatum* se observa una similitud entre el control y el lava vajillas, y de la misma manera entre el eliminador de sarro y el lavamanos.

Para validar estos resultados realizamos un análisis estadístico de varianza (ANOVA), a los días 2, 4 y 5 días de desarrollo, de lo cual obtenemos.

## Día 2

Se observa que el control Control comprado con el lava vajillas, no presenta diferencia estadísticamente significativa, lo que significa que *Trichoderma inhamatum* llega a degradar este detergente, en cambio el eliminador de sarro y el lavamanos no son fácilmente degradados por el thricoderma.

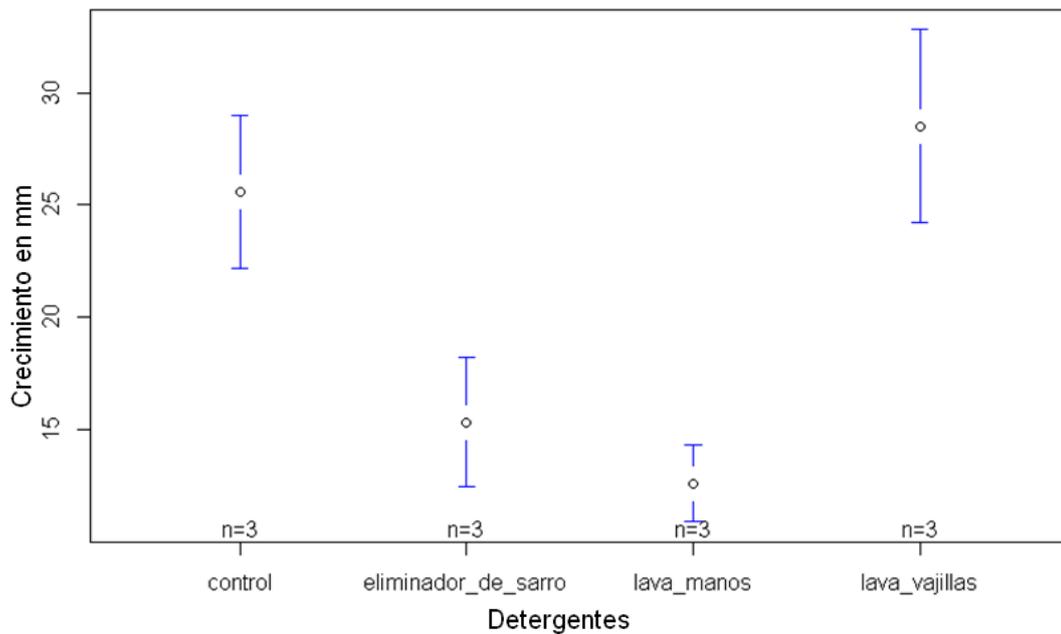


**Gráfica N 4 Comparación del crecimiento a los 2 días del *Trichoderma inhamatum* con los diferentes detergentes y el control**

#### Día 4

A los 4 días no existe diferencia estadísticamente significativa entre el control y la lava vajillas, el control y el eliminador de sarro.

Y solo existe diferencia entre el control y el lava manos.

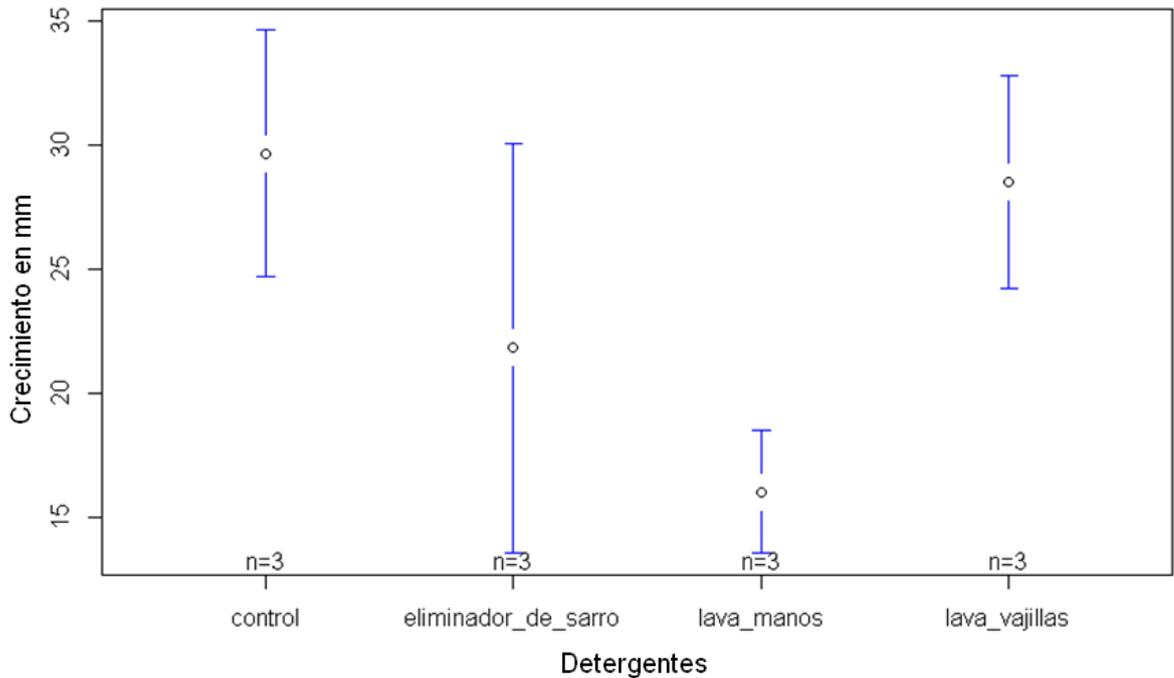


**Gráfica N 5 Comparación del crecimiento a los 4 días del *Trichoderma inhamatum* con los diferentes detergentes y el control**

#### Día 5

A los días 5 tampoco existe diferencia estadísticamente significativa entre el control y la lava vajillas, el control y el eliminador de sarro.

Y solo existe diferencia entre el control y el lava manos. Pero esta diferencia con el paso de los días se llega a disminuir



**Gráfica N 6 Comparación del crecimiento a los 5 días del *Trichoderma inhamatum* con los diferentes detergentes y el control**

### **8.5 CONCENTRACIÓN MÍNIMA BACTERICIDA DE LOS DETERGENTES.**

#### **Lava vajilla**

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Escherichia coli* (25922) fue de 1,25 %

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Staphylococcus aureus* (25923) fue de 2,5 %

#### **Lava mano**

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Escherichia coli* (25922) fue de 1,25 %

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Staphylococcus aureus* (25923) fue de 2,5 %

### Eliminador de sarro

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Escherichia coli* (25922) fue de 2,5 %

La concentración mínima inhibitoria con el microorganismo *Staphylococcus aureus* (25923) fue de 1,25 %

### 8.6 PRUEBA DE DISCOS DE INHIBICIÓN



Figura N 19 Pruebas de discos de inhibición Lavavajilla

Fuente: Maldonado 2015

Microorganismo	Crecimiento en mm en diferentes concentraciones de lava vajilla				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
<i>Escherichiacoli</i>	11	14	14	19	19
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	5	5	5	5

Figura N 20 Prueba de discos de inhibición Lava vajilla

Microorganismo	Crecimiento en mm en diferentes concentraciones de lava mano				
	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
<i>Escherichiacoli</i>	8	9	9	10	17
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	5	5	5	5

Figura N 20 Prueba de discos de inhibición Lava mano

	Crecimiento en mm en diferentes concentraciones de Eliminador de sarro				
Microorganismo	20 %	40 %	60 %	80 %	100 %
<i>Escherichiacoli</i>	8	9	9	10	17
<i>Staphylococcus aureus</i>	10	12	13	13	15

**Figura N 21 Prueba de discos de inhibición Eliminador de sarro**

### Interpretación de resultados

En las pruebas de de ecotoxicidad realizados con *Daphnia spp.* En todas las pruebas existe un DL<sub>50</sub> aceptable hasta las 48 horas, analizando el lava vajillas, su LD<sub>50</sub> es de 0,16 a 48 horas y a las 96 horas la concentración es de 3,09e+14 demasiado bajo dentro de los rangos permitidos por la normativas vigentes.

El mismo resultado se repite con el lava manos y el eliminador de sarro, pero lo llamativo es que los resultados a 96 horas son negativos, lo que indicaría que su DL<sub>50</sub> está muy por debajo de nuestras concentraciones usadas, cabe resaltar que estos resultados nos dicen que algún componente de la formulación está interaccionado y actuando sobre los organismos de prueba, se sabe que *Daphnia* necesita mucha movilidad para sobrevivir, y que el uso de algún viscosante en el medio influya en su movilidad, también puede influir el uso de algún colorante, así mismo el uso de tensioactivos, se recomienda realizar estudios más profundos, relacionados con alguno de estos componentes, y las concentraciones necesarias, tomando en cuenta factores como la viscosidad, el HLB (Balance Hidrofílico-Lipofílico), realizar pruebas de estabilidad, y otros parámetros inherentes en la formulación y por sobre todo probar los componentes por separado con las *Daphnia*, y ver cuál de todos los componentes afectan al organismo. Ya que en general nuestra formulación hasta las 48 horas es aceptable.

En la pruebas de inhibición en disco y la Concentración mínima bactericida tenemos resultados casi similares para *Escherichia coli* con el lava vajillas ya que la formación de los halos de inhibición es

muy apreciable usando bajas concentraciones como 20 % que presenta un halo de inhibición de 11 mm, así también vemos que su punto de corte para la Concentración mínima bactericida está a una dilución del detergente de 1,25 %, pero no así para *Staphylococcus aureus* que necesitaría mayores concentraciones para ser inhibida en nuestro caso necesito 2,5 %, pero en las pruebas de disco no se aprecia inhibición, esto debido a que se evaporara el detergente de los discos o que no se difundieran adecuadamente, también puede influir la presencia de factores de resistencia propias del microorganismos, que no hace difícil de eliminar.

El mismo caso se presenta con el lava mano para *Escherichia coli* se necesita una concertación mayor (1,25 %), aunque los halos de inhibición no son tan comparables con el lava vajilla. Así mismo se ve la resistencia de *Staphylococcus aureus*, ya no presenta una inhibición apreciable en los discos impregnados con el detergente, y siendo su punto de corte 2,5%, pero es aceptable dado que se realiza una dilución de 1 en 40.

En caso del eliminador de sarro los halos de inhibición se hacen más apreciables en *Staphylococcus aureus* que para *Escherichia coli*, esto puede deberse a la acción energía de alguno de los componentes presentes en la formulación, que no afectan a *Escherichia coli* que no lo afectan por ser una Gram negativa y tener una composición diferente en su membrana celular. En particular esta información es relevante, ya que *Staphylococcus aureus* es uno de las agentes de infección intra hospitalarias más importante, y el uso del limpiador de sarro podría ser muy beneficioso.

En general las Gram negativas llevan lipopolisacaridos (LPS) que son afectados por los tensioactivos de la lava manos y el lava vajillas pero así por el eliminador de sarro, en cambio las Gram positivas como el caso de *Staphylococcus aureus* posee péptidoglicanos. Pero aun así

los resultados indican la capacidad desinfectante que tendrían estos detergentes



# CAPITULO 9

## CONCLUSIONES

# CAPITULO 9

## CONCLUSIONES

La composición y fórmula fue rediseñada para tres de los productos de limpieza (lava vajillas, lava manos y eliminador de sarro) PLUS SRL. El nuevo protocolo de preparación cumple con las normas de no tóxico para la microfauna de suelos (Norma Internacional ISO 6341:2012) y la norma internacional ISO 14885, de biodegradabilidad y capacidad bactericida.

Se estandarizó los métodos de análisis microbiológico, ecotoxicidad, bactericida y biodegradabilidad en los productos reformulados.

De las pruebas antimicrobianas se tiene Concentración mínima bactericida, pruebas de disco de inhibición. Para *Escherichia coli* con el lava vajillas a concentraciones como 20 % que presenta un halo de inhibición de 11 mm, así también vemos que su punto de corte para la Concentración mínima bactericida está a una dilución del detergente de 1,25 %. La evaluación de *Staphylococcus aureus* la concentración es 2,5 %, sin embargo la prueba es adecuada, debido a la volatilidad de sus componentes al igual que el lava

mano para *Escherichia coli* se necesita una concertación mayor 1,25 %, . También se ve la resistencia de *Staphylococcus aureus*, ya no presenta una inhibición en los discos impregnados con el detergente, con un punto de corte 2,5%, pero es aceptable dado que se realiza una dilución de 1 en 40. El eliminador de sarro muestra los halos de inhibición para *Staphylococcus aureus*. En particular esta información es relevante, ya que *Staphylococcus aureus* es uno de los agentes de infección intrahospitalarias más importante, y el uso del limpiador de sarro podría ser muy beneficioso.

En cuanto al método de biodegradabilidad de los productos reformulados, es óptimo para el lavavajillas y el eliminador de sarro, donde se observó el crecimiento de *Trichoderma inhamatum* en los medios de cultivo modificados, microorganismo cuya presencia es importante en la microfauna, del suelos de cultivo especialmente, para el cual se puede determinar que los productos reformulados antes de eliminarlo le sirven de sustrato para su desarrollo. El crecimiento inicia a los dos días observándose desarrollo de hifas incoloras en el medio de cultivo mínimo modificado para el análisis del lavamanos; este mismo crecimiento se observa en el medio mínimo modificado para el análisis del eliminador de sarro. No así para la lava Vajillas pudiendo deberse al pH del detergente.

Las los resultados de la evaluación basadas en la Norma de Calidad Ambientales con ensayos sobre *Daphnias magna* con los diferentes productos de limpieza reformulados, mostraron una ecotoxicidad baja hasta las 48 horas, para los tres productos reformulados, para el lavavajillas a 48 horas es de 0,168 ppm, para el lavamanos a 48 horas es de 0.0055 ppm, para el eliminador de sarro a 48 horas es de 0.068 ppm.

Se evaluó el parámetro de densidad, estos valores se asemejan a la densidad del agua lo que demuestra que como deshecho en aguas libres no tiene propiedades tenso activas a diferencia de los detergentes comunes.

Se evaluó el pH siendo estos valores: lava vajilla de 9,54 este es básico debido a que en la formulación contiene hidróxido de sodio y esto hace que el detergente forme mayor espuma con la grasa debido a un proceso de saponificación *in situ*, en el detergente lavamanos su pH es de 7,02 que es un pH neutro es ideal para la piel, en el detergente eliminador de sarro su pH es de 1,04 esto se debe a los ácidos con los cuales está formulado el producto y además es el que reaccionará con el sarro del baño y utensilios para el cual está formulado el producto. Los valores obtenidos de pH y densidad son cercanos a los productos comerciales que se tiene de diferentes marcas.

Finalmente se comparó el rendimiento de los productos con el método diseñado basados en una relación al número de platos por volumen de detergente, este permite ver que nuestro detergente lavavajilla es similar a otros productos, siendo el número de platos lavados de 85 siendo incluso más rendidor con relación a otros productos similares de otras marcas.

# CAPITULO 10

## RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar ensayos de biodegradabilidad en cada ingrediente por separado.

Se recomienda realizar ensayos de biodegradabilidad otros microorganismos.

Se recomienda realizar ensayos de ecotoxicidad con *Daphnias* con cada ingrediente por separado.

Se recomienda realizar la formulación de los detergentes con otros ingredientes alternos (tensioactivos, enzimas, colorantes naturales, y otros)

Se recomienda realizar ensayos de decoloración en cada producto envasado.

## BIBLIOGRAFIA

1. 2001. Sperm cell toxicity test using sea urchin *Paracentrotus lividus* Lamarck (Echinodermata: Echinoidea): sensitivity and discriminatory ability toward anionic and nonionic surfactants. *Environ. Toxicol. Chem.*, 20:644-651.
2. APHA (American Public Health Association). 1989. *Toxicity Test Methods for Aquatic Organisms, Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*, 17th ed., Washington, DC, Part 8000.
3. Austin G. "Manual de procesos químicos en la industria". Mc Graw Hill 1988.
4. Bellas, J, R. Beiras, M. Marino-Balsa & N. Fernández. 2005. Toxicity of organic compounds to marine invertebrate embryos and larvae: a comparison between the sea urchin embryogenesis bioassay and alternative test species. *Ecotoxicology*. 14:337-353.
5. Branan, C. "Soluciones prácticas para el ingeniero químico" .Mc Graw Hill 2000
6. Castrillo, A "Ingeniería conceptual de una planta para la manufactura de detergentes líquido y polvo a pequeña escala. Trabajo de grado. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas 2008.
7. Contreras, D. "Ingeniería conceptual y básica de una planta piloto de manufactura de detergente". Trabajo de grado. Universidad Simón Bolívar, Sartenejas 2008.
8. Coteur, G., P. Gosselin, P. Wantier, Y. Chambost-Manciet, B. Danis, P. Pernet, M. Warnau & M. Dubois. 2003. Echinoderms as bioindicators, bioassays, and impact assessment tools of sediment-associated metals and PCBs in the North Sea. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 45:190-202.
9. De Groot, W, "Sulphonation Technology in the Detergent Industry", Kluwer Academic Publishers 1991
10. De Nicola, E., M. Gallo, M. Iaccarino, S. Meric, R. Oral & T. Russo. 2004. Hormetic versus toxic effects of vegetable tannin in a multitest study. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, 46: 336-344.

11. Díaz Humberto (2010), evaluación de la toxicidad aguda crónica del detergente seamarine, Laboratorio de Bioensayos Facultad de Ciencias del Mar y de Recursos Naturales Universidad de Valparaíso.
12. Farrán, G. 1913. Marine entomostraca. Proc. Roy. Irish Acad., sect 2, 31 (45): 1-20.
13. Fogler Scott H. "Elementos de Ingeniería de las Reacciones Químicas" Prentice Hall Universidad de Michigan, USA tercera edición 2002.
14. García Domínguez, J.J. "Tensioactivos y Detergencia".Ed. Dossat, S.A. Madrid, 1986
15. Ghirardini, A.V., A.A. Novelli, B. Likar, G. Pojana, P.F. Ghetti & A. Marcomini.
16. Goddart, M. 2003. Copépodos de pozas intermareales de la Isla de Pascua. Cienc.Tecnol. Mar, 26 (1): 51-78.
17. Heinze J.E and Brittonm L.N anaerobic degradation Environmental relevance vista chemical company of the AOCS 3<sup>o</sup> word conference and exhibition on detergent.Montreux Suiza 1993
18. ISO 6341: 1996. Water quality – Determination of the inhibition of the mobility of Daphnia magna Straus (Crustacea, Cladocera) – Acute toxicity test.
19. Kem D., "Procesos de transferencia de calor" Editorial continental S.A.Mexico 1965
20. Milton J. Rosen (2004) SURFACTANTS AND INTERFACIAL PHENOMENA , wiley-interscience, New York,
21. Montgomery HAC "The determination of biochemical oxigen demand by respirometric methods" Water Res.1967
22. Novozymes 2002. "Enzyme Handbook (Detergents)". 48-93.
23. Paul, Edward "Handbook of industrial mixing: science and practice" Wyley interscience, New Jersey 2004
24. Salager J. "Cuaderno FIRP S332A, Detergentes: componentes, fabricación, formulas" Universidad de los Andes Mérida 1988

25. Traumbouze P. y Euzen J.P. "Chemical Reactors, from desing to operation" Instituto Frances Del Petróleo. Edición Technip Paris Francia 2004.
26. Vargas Luis MSc "Análisis de aguas y líquidos residuales" Maracaibo 2004
27. Varo Galván Pedro José "Contribución al estudio sobre comportamiento ambiental y degradación de jabones" Tesis de doctorado.
28. Wittcoff , H.A. y B.G. Reuben "Productos Químicos Industriales", Editorial Limusa México D.F. 1995
29. WITTCOFF, H.A Y REUBEN B. G. (1997) "Productos Químicos orgánicos industriales", Limusa



# CAPITULO 12

## ANEXOS

### Anexo I Medición de la densidad



a)



b)



c)



d)

Medición de las densidades de los diferentes detergentes  
a) Pícnómetro vacío. b) Detergente lava vajilla. c) Eliminador de sarro d)  
Lava manos

Fuente: Maldonado (2014)

### Anexo II

## Agua dura reconstituida

Para su preparación se recomienda colocar 19 L de agua des ionizada o destilada en un garrafón y adicionar 2.4 g de  $MgSO_4$ , 3.84 g de  $NaHCO_3$  y 0.16 g de KCl. Agitar hasta disolver completamente las sales. Paralelamente, disolver 2.4 g de  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  en 1 L de agua des ionizada o destilada. Es necesario tener en cuenta que la disolución de esta sal puede requerir un período de tiempo prolongado. Terminada la solubilización de la sal, incorporar la solución de  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  al garrafón, lo cual permitirá obtener 20 L de agua dura reconstituida.

Cuando se determine la necesidad de suplementar el agua dura reconstituida, deben prepararse por separado las soluciones de biotina, vitamina B<sub>12</sub>, tiamina y selenito de sodio, de la siguiente forma: Solución de biotina 0.0075 g/L

Solución de vitamina B<sub>12</sub> 0.010 g/L

Solución de tiamina 0.075 g/L

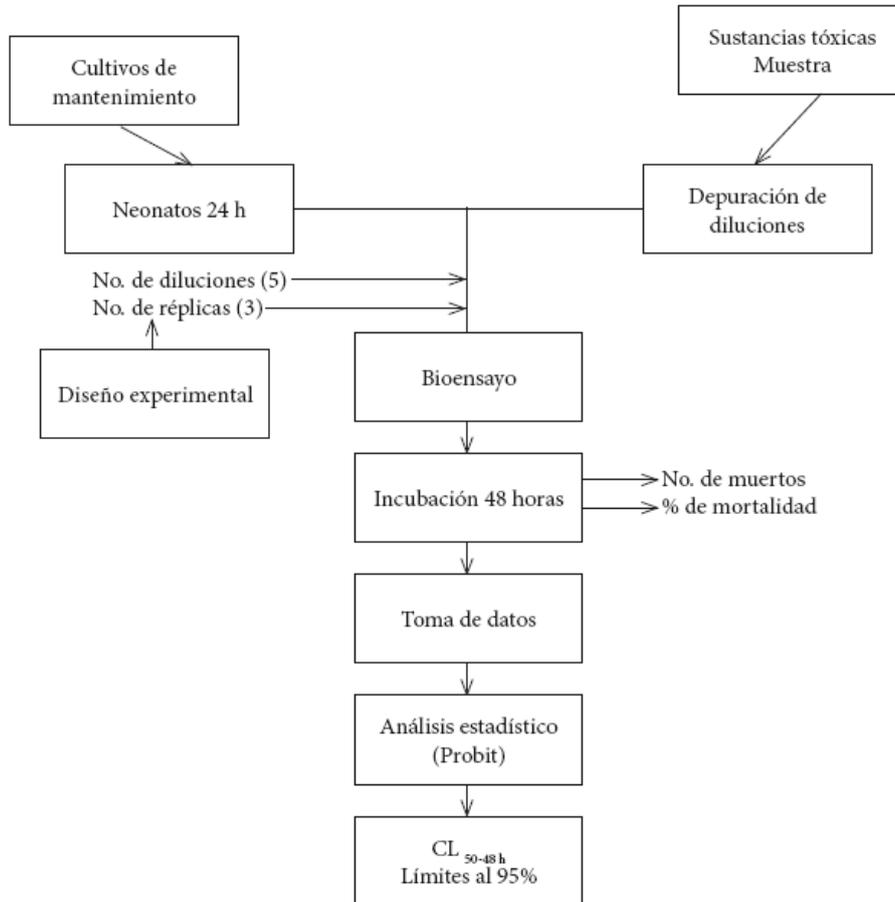
Selenito de sodio 0.010 g/L

Las soluciones preparadas se deben mantener refrigeradas ( $4 \pm 2$  °C), y pueden almacenarse por un período de hasta seis meses. Para un volumen de 20 L de agua dura reconstituida, se adicionan los siguientes volúmenes de cada una de las soluciones: tiamina 20 mL, vitamina B<sub>12</sub> 4 mL, biotina 2 mL y selenito de sodio 4 mL.

Una vez terminada la preparación del agua reconstituida, se mide el pH, el cual deberá oscilar entre 7.6 y 8.0. Posteriormente, se airea el líquido de forma permanente hasta el momento de su uso (mínimo 24 horas). El aire utilizado debe estar libre de grasas y aceites.

### Anexo III

Diagrama de flujo del desarrollo y ensayo de toxicidad aguda para con *Daphnia magna*



### ANEXO IV

#### Mueller Hinton (Britania sa)

Se disolver 37 g del polvo en 1 Litro de agua destilada, calentar hasta disolver completamente el agar, autoclavar a 121 ° C durante 20 minutos.

#### Tripteina Soya Caldo (Britania sa)

Se disuelve 30 g del polvo en 1 Litro de agua destilada, calentar hasta disolver completamente el agar, autoclavar a 121 ° C durante 20 minutos.

#### Agar Nutritivo (Difco TM)

Se disuelve 23,0 g del polvo en 1 Litro de agua destilada, calentar hasta disolver completamente el agar, autoclavar a 121 ° C durante 20 minutos.

**Anexo V**  
**Prueba del eliminador de sarro**



**a) Antes**



**b) Después**



**a) Antes**



**b) Después**



**a) Antes**



**b) Después**



**a) Antes**



**b) Después**