



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA

RE

Detergentes Biodegradables

TRABAJO MONOGRAFICO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

Químico

PRESENTA

Ana Isabel Carranco Pérez



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE .

	Página
Capitulo I.	
Introducción	1
Capitulo II.	
Generalidades	2
A.- Definición	2
B.- Tipos de detergentes	2
C.- Mecanismo de biodegradabilidad	3
Definición	3
Microorganismos	4
Aguas negras sintéticas	5
Principales métodos de evaluación	6
1.- Demanda Bioquímica de oxígeno (BOD)	6
2.- BOD por el método de dilución	6
3.- BOD por el método manométrico (Warburg)	6
4.- Prueba del azul de metileno	7
5.- Prueba de biodegradación en agua de río	10
6.- Plantas piloto de tratamiento de aguas negras	10
6.1.- Proceso de lodos activos	11
6.2.- Proceso de lecho de infiltración	11
Biodegradación de los alquil bencen sulfonatos	12
Proceso químico de la biodegradación de los detergentes	19
Oxidación bioquímica	19
(a).- Beta-oxidación	20
(b).- Metil oxidación	20
(c).- Oxidación aromática	23
Indicios de biodegradación	24
Relación entre estructura y biodegradabilidad	24
a) Posición del grupo fenilo	25
b) Longitud de cadena	28
c) Posición del sulfonato	28
d) Ramificación de cadena	29
e) Carbonos cuaternarios	29
f) Juncos altamente ramificados	30

	Página
g) Grupos ciclicos	31
h) Productos intermedios de degradación	31
D.- Toxicidad	32
E.- Contaminación por detergentes	50
1.- Espumaje	52
2.- Efectos en el sabor y olor del agua	53
3.- Eutroficación	53
 Capitulo III	
Métodos de producción	54
 Capitulo IV	
Cantidades y costos	59
 Capitulo V	
Métodos de control de detergentes	66
(a) Métodos de analisis	
Separación	66
Identificación de los componentes	66
Prueba para detergentes catiónicos	66
Prueba para detergentes no-iónicos	67
Determinación de otros componentes	68
Abrillantadores ópticos orgánicos	69
Agentes oxidantes	68
Bicarbonato y carbonato	68
Fosfatos	70
Sulfatos	76
Silicatos	77
Determinación de propiedades	
Densidad de los detergentes en polvo	78
Tamaño de la partícula de los detergentes en polvo	80
pH y alcalinidad	80
Alcalinidad total	80
Alcalinidad libre	81
Tensión superficial e interfacial	81
Pruebas para la determinación de la espuma	84

	Página
Pruebas para determinar la humectancia	86
Capitulo VI	
Datos, graficas y tablas sobre la contaminación	88
Capitulo VII	
Conclusiones	99
Capitulo VIII	
Bibliografía	101

C A P I T U L O I

I.- INTRODUCCION .

Los problemas relacionados con la contaminación ambiental son tan viejos -- como la misma actividad del hombre sobre la tierra, pero en las últimas -- décadas se han acentuado más los fenómenos como el crecimiento de la pobla-- ción, la migración del campo a la ciudad, la urbanización y la industriali-- zación, y se han provocado desequilibrios ecológicos que constituyen verda-- deros desafíos para la humanidad y un reto para que el hombre ponga en -- juego sus mejores recursos morales e intelectuales, y logre imponerse a -- un ambiente que se deteriora gradualmente y se vuelve más agresivo.

El hombre a lo largo de su historia y gracias a su ingenio, ha logrado un desarrollo económico impresionante, así como triunfos espectaculares en -- el campo de la ciencia y la tecnología, pero desde hace tiempo viene ----- percatándose de esos adelantos, si bien le han reportado grandes benefi----- cios y comodidades, en cambio no se han generalizado a la población de --- todo el mundo, por otro lado, como un gran contrasentido, han provocado se-- serios desequilibrios ecológicos, la contaminación o extinción de los re-- cursos naturales, y el deterioro de la calidad misma de la vida.

Una de las causas de dicho problema es la contaminación de las aguas por -- los detergentes sintéticos, misma que se espera sea controlada por el uso de los " DETERGENTES BIODEGRADABLES " .

Es propósito de esta monografía el plantear el panorama de la necesidad de su estudio y desarrollo, las características generales de los detergentes-- no-biodegradables que actualmente se usan, y los beneficios que se van a -- lograr con la aplicación de los detergentes biodegradables.

C A P I T U L O I I

II.- GENERALIDADES.

A.- DEFINICION.

La forma más simple como puede definirse un detergente es como un agente limpiador, surfactante, agente superficial o tensoactivo y por el término más concreto de detergente sintético, se entienden todos aquellos productos de este tipo obtenidos por síntesis orgánica a partir de materias petroquímicas, distintos del jabón.

Por su acción fisicoquímica los detergentes son sustancias que tienen la propiedad de reducir la tensión superficial de los líquidos en el que se encuentran disueltos, de modo que este adquiere mayor poder de penetración a través de los poros de ciertos materiales, a la vez que se extienden más fácilmente en la superficie de los cuerpos en los que se aplica.

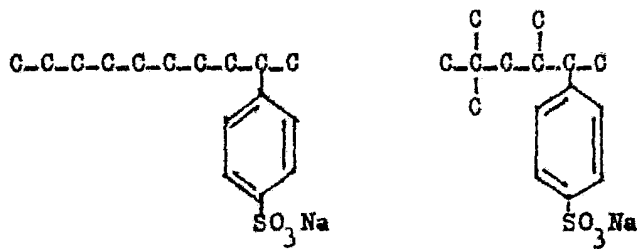
En general, la molécula de surfactante tiene una porción hidrofóbica (insoluble en agua) formada por una cadena hidrocarbonada. Esta porción envuelve las partículas de mugre y de otros materiales que ensucian dislocadas por la acción humectante. Al mismo tiempo, la otra porción de la molécula del surfactante que es hidrofílica (soluble en agua) constituye una envoltura externa de contracciones a esos núcleos coloidales. Con las partículas de aceite o mugre rodeadas de moléculas de surfactante, se forma una emulsión en agua que da el aspecto lechoso característica de las aguas de lavado.

La reducción de la tensión superficial no parece ser el único efecto de los detergentes. Según MALLEN, una solución de un detergente tiene la habilidad de cargar negativamente cualquier interfase incluyendo las partículas de polvo, independientemente de su carga original. Por eso durante el proceso de lavado, la tela y el polvo se cargan negativamente y se repelen entre sí.

B.- TIPOS DE DETERGENTES.

Los detergentes se clasifican de acuerdo a su comportamiento electrolítico en soluciones acuosas, la cual depende de la naturaleza del grupo polar y pueden ser de tres tipos:

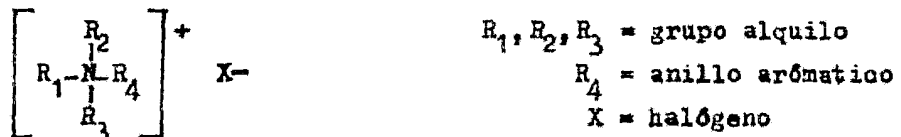
- 1.- Detergentes aniónicos, en los que la porción hidrofílica es un anión. Son los detergentes más usados. Los más comunes son los alquil bencén sulfonatos lineal (LAS) y ramificado (ABS). La principal diferencia entre ellos es la configuración molecular.



Alquilbencénsulfonato
lineal (LAS)

Alquilbencénsulfonato
ramificado (ABS)

2.- Detergentes catiónicos, en los que la porción activa es un catión complejo, por lo general un derivado orgánico cuaternario de amonio. Estos compuestos se usan más por sus propiedades bactericidas que por sus propiedades detergentes y, por lo tanto, su uso es bastante especializado. Neutralizándose y precipitándose al reaccionar con los detergentes aniónicos. Su fórmula general es :



3.- Detergente no-iónico, estos no tienen carga eléctrica y son el resultado de la polimerización de moléculas de óxido de etileno. Este producto puede reaccionar con alcoholes grasos, alquilenoles, emulsionándolos en el agua. Su fórmula general es:



Recientemente aparecieron en el mercado una serie de detergentes llamados biológicos, que son una mezcla de detergente común, perfume, colorante y un agente biológico, que es una enzima proteolítica, producida por una bacteria llamada *Bacillus subtilis*. Esta enzima al encontrarse en condiciones favorables de temperatura y humedad, provoca la desintegración de las moléculas de grasa, incluyendo también a las proteínas.

C.- MECANISMO DE BIODEGRADABILIDAD.

Aunque el significado de biodegradabilidad no ha sido definido con precisión, el término generalmente implica la extensión en la cual una molécula es descompuesta por microorganismos vivos. Actualmente se tiene la idea general de que la descomposición y la remoción de las sustancias orgánicas

incluyendo los detergentes de las aguas de desperdicio es llevada a cabo — primordialmente por bacterias, y que la remoción rápida depende de la reproducción irrestriota o crecimiento de las bacterias (síntesis), mientras que debe haber una cantidad mínima de energía desprendida, (Fig. 1).

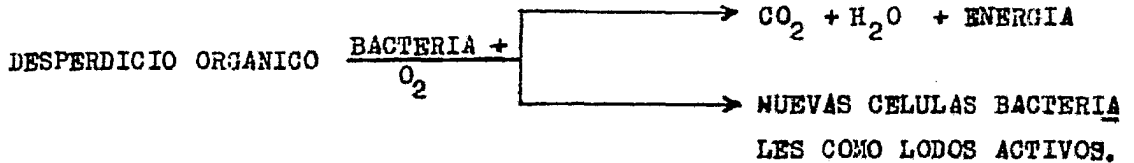


Fig. 1.— Mecanismo de oxidación y síntesis de células en la biodegradación aeróbica.

Básicamente la degradación se mide por la exposición del compuesto de prueba a microorganismos y analizando el sistema a intervalos de tiempo para determinar datos tales como la desaparición del compuesto prueba, la formación de productos de degradación o la cantidad de oxígeno necesaria para el proceso. Como resulta evidente, pueden hacerse muchas combinaciones de medios biológicos con métodos analíticos dependiendo de los objetivos del trabajo.

La evaluación de biodegradabilidad por microorganismos aeróbicos, simula el tratamiento de aguas negras en los procesos de lodos activos y lechos de infiltración, o simple descomposición en aguas superficiales. La evaluación de la biodegradabilidad con organismos anaeróbicos simulan el tratamiento en tanques sépticos.

Los requerimientos de oxígeno de la mayoría de los organismos inferiores — son muy variados. Algunas especies parecen vivir mejor donde hay poco oxígeno (anaeróbicos) o donde el oxígeno está cerca de donde existe saturación (aeróbicos). La mayoría vive en condiciones intermedias. Sin embargo todos los organismos aeróbicos o anaeróbicos requieren oxígeno para llevar a cabo sus funciones.

Hasta últimamente la biodegradabilidad de los detergentes se ha medido en término del oxígeno consumido, basados en la idea de que estos materiales pueden ser biodegradados solo en presencia de microorganismos aeróbicos. Sin embargo se ha reconocido que la evaluación de la biodegradabilidad en sistemas aeróbicos no es suficiente ya que mucha gente tiene servicio de tanques sépticos y debe corregirse el problema de la contaminación del agua subterránea.

MICROORGANISMOS.— Los microorganismos escogidos pueden ser puramente de una especie, o una mezcla. Generalmente se usan mezclas derivadas de fuentes —

tales como agua de río, lodos activos, aguas negras, aguas subterráneas, etc. La forma general de obtener mezclas de cultivos, parece ser bastante reproducible y debe dar resultados suficientemente reales para ser tomados como base para la extrapolación de los resultados del comportamiento del compuesto de prueba en el laboratorio, a su comportamiento en el campo.

Los cultivos puros, por otro lado, pueden ser de valor en el estudio detallado de algunas reacciones metabólicas específicas, pero son menos útiles para el estudio general de la biodegradabilidad. A menudo sucede que una determinada especie de microorganismos no es apta para llevar a cabo alguna reacción específica del proceso de metabolización, que otra especie puede llevar a cabo fácilmente. En un cultivo de mezcla, las especies presentes pueden cubrir sus deficiencias entre sí.

AGUAS NEGRAS SINTÉTICAS.— Uno de los factores más importantes para llevar a cabo la evaluación de la biodegradabilidad es la provisión de suficientes nutrientes balanceados para hacer posible el crecimiento de los organismos. Es necesaria una cierta cantidad de alimentos para proporcionar energía para la respiración endógena. Al incrementarse el nivel de suministro de alimentos por arriba del nivel necesario para la respiración endógena, queda disponible una fuente de energía y materias para la reproducción. A una temperatura dada, la proporción de reproducción dependerá de la cantidad de comida disponible. La proporción de reproducción aumentará con el nivel de suministro de comida, hasta llegar al factor limitante del tiempo mínimo de generación del organismo. Por tanto, puede razonarse que cualquier consideración concerniente al crecimiento de los lodos activos durante la estabilización biológica de la materia orgánica, debe basarse en una alimentación que sobre pase las necesidades del metabolismo basal. Sin embargo, el suministro no debe ser tan grande que permanezcan cantidades apreciables en los residuos del efluente tratado.

La selección de los nutrientes para el agua negra sintética usada en la determinación de la biodegradabilidad, debe ser guiada por el grado en el cual esos materiales orgánicos pueden ser biológicamente convertidos en nuevos organismos. Los materiales que son pobremente convertidos en nuevos organismos, no son recomendables. El nitrógeno y el fósforo son elementos minerales necesarios que deben adicionarse para evitar deficiencias en la materia orgánica.

PRINCIPALES METODOS DE EVALUACION .

1.- DEMANDA BIOQUIMICA DE OXIGENO (BOD).- Uno de los métodos más usados en el laboratorio para evaluar la biodegradabilidad es la medición de la demanda bioquímica de oxígeno, (BOD). La demanda de oxígeno en aguas negras, — efluentes de las plantas de tratamiento de aguas negras, agua contaminada o agua residual de industrias, es atribuida a tres clases de materiales: (a) materia orgánica carbonosa utilizable como fuente de alimentación por los organismos aeróbicos; (b) nitrógeno oxidable derivado de nitritos, amoniac y compuestos orgánicos de nitrógeno, los cuales sirven de alimento para algunas bacterias específicas y (c) ciertos compuestos químicos oxidables — (iones ferrosos, sulfitos y sulfuros) los cuales reaccionan con el oxígeno molecular disuelto.

Para los fines prácticos de la determinación de la biodegradabilidad de los detergentes, puede considerarse que toda la demanda de oxígeno es debida a la materia orgánica carbonosa, útil como fuente de alimento.

La concentración de este tipo de sustancias es medida por la demanda bioquímica de oxígeno o prueba de BOD.

2.- BOD POR EL METODO DE DILUCION.- Se hacen determinaciones de la cantidad de oxígeno disuelto en agua con cultivos de microorganismos, al tiempo que se adiciona un detergente a esta agua, después de un periodo de incubación de cinco días. La diferencia entre estos dos valores se conocen como la — demanda bioquímica de oxígeno, y se expresa en mg/lt. Entre mayor sea el — valor para una muestra, debe esperarse una mayor proporción de oxidación — biológica.

Los datos obtenidos por la prueba BOD puede mostrar la biodegradabilidad — relativa de dos detergentes comparados. Sin embargo, no muestra la rapidez o el grado en que un detergente se descompondrá en una planta de lodos activos o un lecho de infiltración.

3.- BOD POR EL METODO MANOMETRICO, (WARBURG).- Otra prueba de demanda bioquímica de oxígeno más comunmente usada para medir la biodegradabilidad, se conoce como el "método manométrico". En este método se usa un aparato — comunmente conocido como frasco de Warburg. Esta prueba se basa en la medición directa del oxígeno utilizado por la muestra de aguas negras o residuales conteniendo detergente cuando es puesta en atmósfera de aire u oxígeno en un sistema cerrado bajo condiciones de temperatura constante y agitación. La utilización de oxígeno se determina en cualquier tiempo dado, por el — cambio en presión, manteniendo un volumen constante.

Para medir la degradación de un detergente usando el aparato de Warburg, el agua negra sintética se inocula con lodos activados tomados de una planta - comercial de tratamiento de aguas negras. Las aguas negras con lodos activos son aeradas por un cierto número de horas, por ejemplo 23, y se dejan asentar los lodos activos por una hora. Después del asentamiento, una porción - del líquido que sobrenada se decanta, dejando los lodos activos en el líquido residual.

El líquido retirado es remplazado por más agua negra sintética, y se inicia nuevamente la aeración. Los lodos se adaptan al detergente incrementando - el peso del detergente en el agua negra a 50 ppm, por ejemplo. Después de - tres o cuatro semanas de permanecer en estas condiciones, pueden hacerse una serie de determinaciones usando los lodos activos aclimatados al detergente. Para obtener muestras de estos lodos, el licor mezclado en los tanques de - aeración, se deja asentar y se retiran muestras de la parte asentada. Se - colocan 10 ml de lodos concentrados en el frasco de Warburg, se preparan dos frascos para cada muestras de lodos. A un frasco se le adicionan 10 ml de la solución conteniendo el detergente, y al otro 10 ml de agua. El frasco sin - detergente se usa como testigo. La diferencia en el oxígeno consumido por el frasco conteniendo detergente y el consumido por el testigo es considerada - como la cantidad necesaria para la oxidación del detergente. Generalmente se acepta que el metabolismo completo de los detergentes sintéticos corresponde al 45% de la cantidad teórica de oxígeno necesaria, que puede ser calculada de la fórmula empírica del detergente.

En este caso también los datos obtenidos de la prueba BOD, pueden mostrar la biodegradabilidad relativa de un detergente comparado con otro, pero no muestra que tan rápida o completamente se descompondrá un detergente en los procesos de tratamiento con lodos activos o lechos de infiltración.

4.- PRUEBA DEL AZUL DE METILENO.- Como el surfactante más comúnmente usado - en la fabricación de detergente es el sulfonato de alquil-benceno (ABS), es el que con mayor probabilidad se puede encontrar en las aguas crudas de los abastecimientos. Por esta razón se ha seleccionado al ABS como el compuesto-patrón para los métodos de análisis. Las aguas residuales, efluentes de plantas de tratamiento y aguas contaminadas, normalmente contienen gran cantidad de sustancias que interfieren en la determinación de los surfactantes por lo que es difícil obtener un valor exacto de estos, pero con los mismos métodos se puede tener una estimación aproximada.

Cuando se tienen concentraciones de ABS alrededor de 1 mg/lit se recomienda -

usar el método de azul de metileno, pero en concentraciones mayores es muy importante que se conozca cuanto representa el ABS y cuanto la interferencia recomendándose entonces la determinación infrarroja. La principal desventaja de este último método en comparación con los otros es que su procedimiento es bastante complicado y demanda mucho tiempo; además del elevado costo del equipo infrarrojo.

Este método depende de la formación de una sal colorida azul cuando reacciona el azul de metileno con los surfactantes. La sal es soluble en cloroformo y la intensidad del color es proporcional a su concentración. La intensidad se mide en un espectrofotómetro a una longitud de onda de $625 \text{ m}\mu$. Este método es aplicable en un rango de 0.025 a 100 mg/lit de ABS.

Interferencias.— Cuando se determina el ABS en las aguas, los errores positivos son más comunes que los negativos. Entre las interferencias positivas se tienen los sulfatos orgánicos, sulfonatos, carboxilatos, fosfatos y fenoles, que forman complejos con el azul de metileno, lo mismo que los cianatos cloruros, nitratos y tiocianatos inorgánicos, que forman pares de iones con el azul de metileno, ocasionando interferencias positivas. Materiales orgánicos, especialmente aminas, pueden causar bajos resultados.

Equipo.— Un espectrofotómetro, para usarse a una longitud de onda de $625 \text{ m}\mu$, provisto de un paso de luz de 1 cm o más.

Fotómetro de filtro, provisto con un paso de luz de un cm. o más y equipado con un filtro de color rojo que exhiba su máxima transmitancia a $625 \text{ m}\mu$.

Embudos de separación de 500 ml, preferentemente con llaves de teflón.

Reactivos.— Solución madre de sulfonato de alquil-bencilo (ABS) se pesa 1.0g de ABS en base del 100% activo. Se disuelve en agua destilada y se diluye a 1,000 ml; 1.0 ml = 1.0 mg de ABS. Se conserva en refrigeración para evitar su biodegradación. Es necesario prepararla cada semana.

Solución patrón de ABS.— Se diluyen 10 ml de solución madre de ABS a 1,000 ml con agua destilada; 1.0 = 0.01 mg de ABS. Se debe preparar diariamente.

Indicador de fenolftaleína.— Se disuelven 5 g de fenolftaleína en 500 ml de alcohol etílico o isopropílico al 95% y se agregan 500 ml de agua destilada. Se agrega NaOH 0.02 N, a gotas, hasta que aparezca una débil coloración rosa.

Hidróxido de sodio 1N. Se disuelven 40 g de NaOH en agua destilada y se diluye a un litro.

Acido sulfúrico 1N. Se diluyen cuidadosamente 26.6 ml de H_2SO_4 concentrado de un peso específico de 1.84 g/cc en un litro de agua destilada.

Cloroformo, calidad ACS.

Reactivo de azul de metileno.- Se disuelven 100 mg de azul de metileno (Eastman No. P573 ó equivalente) en 100 ml de agua destilada. De esta solución se pasan 30 ml a un matraz volumétrico de 1,000 ml y se agregan 500 ml de agua destilada, 6.8 ml de ácido sulfúrico concentrado y 50 g de ortofosfato monosódico monohidratado ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$). Agitando hasta su completa disolución, y se diluye hasta 1,000 ml.

Solución de lavado.- En un matraz volumetrico de 1000 ml se agregan 6.8 ml de H_2SO_4 concentrado a 500 ml de agua destilada. Se adiciona a continuación 50 g de $\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ y se agita hasta completa disolución. Se diluye hasta el aforo.

Procedimiento.

Prepare una serie de 10 embudos de separación con 0.0, 1.0, 3.0, 5.0, 7.0, 9.0, 11., 13., 15., y 20 ml de la solución patrón de ABS. Se agregan agua destilada hasta un volumen de 100 ml en cada embudo de separación. Se siguen los pasos de extracción, desarrollo del color y medición, como se describirán posteriormente, y trazar una curva de calibración de mg de ABS contra absorbancia.

Selección del volumen de la muestra.

El volumen de la muestra de agua para ser analizada, se toma de acuerdo con la concentración probable de ABS.

Concentración esperada de ABS			Muestra a tomar
(mg/lit)			(ml)
0.025	-	0.080	400
0.08	-	0.40	250
0.4	-	2.0	100
2.0	-	10	20
10.0	-	100	2

Si el volumen indicado de la muestra es menor de 100 ml se diluye con agua destilada hasta 100 ml o más.

Extracción y desarrollo del color.

Añádese la muestra a un embudo de separación, alcalinice la solución agregando gota a gota NaOH 1N, usando fenolftaleína como indicador. Adicione el H_2SO_4 gota a gota hasta la desaparición del color rosa.

Se agregan 10 ml de cloroformo y 25 ml de azul de metileno, se agita vigorosamente por 30 seg. y se permite que se separen las fases.

Se extrae la capa de cloroformo a un segundo embudo de separación y se lava

el tubo de descarga del primer embudo de separación con una pequeña cantidad de cloroformo. Se repite la extracción por 3 veces, usando 10 ml de cloroformo en cada ocasión, si se desvanece o desaparece el color azul en la fase acuosa, se descarta la muestra y se repite la determinación usando una muestra de menor volumen.

Se combinan todos los extractos en el segundo embudo de separación, se agregan 50 ml de solución de lavado y se agita vigorosamente por 30 seg., se deja reposar y se extrae la capa de cloroformo a través de lana de vidrio, a un matraz aforado de 100 ml y se repite el lavado por dos veces, usando 10 ml de cloroformo en cada ocasión, se lava la lana de vidrio y el embudo con cloroformo, se recogen los lavados en el matraz aforado, se diluye hasta el aforo y se mezcla bien.

Medición.

Se determina la absorbencia de la solución a 625 $m\mu$ contra testigo de cloroformo.

Cálculo.

$$\text{mg/lt de ABS total aparente} = \frac{\text{mg de ABS} \times 100}{\text{ml de muestra}}$$

5.- PRUEBA DE BIODEGRADACION EN AGUA DE RIO.- Una prueba que ha ganado popularidad debido a la forma simple en que se realiza, pero no necesariamente a la fidelidad de sus resultados, es la prueba de biodegradación en agua de río, (prueba " river die-away "). En esta prueba se introduce una cantidad medida del detergente que se va a probar, en una muestra de agua de río. La solución se conserva en un recipiente y las muestras son retiradas a intervalos para analizar la concentración del detergente en el agua. El análisis se repite periódicamente según la duración de la prueba. El período de prueba debería durar hasta que la concentración del detergente en la muestra del agua de río haya alcanzado un valor estable, lo cual puede tomar tanto como cuarenta días.

Esta prueba da información de la velocidad y el grado de desaparición máximo que puede esperarse normalmente en una unidad de lodos activos o en lecho de infiltración.

6.- PLANTAS PILOTO DE TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS.- Las limitaciones de las pruebas descritas anteriormente pueden ser superadas por el uso de unidades piloto de operación continua. Existen básicamente dos tipos de unidades piloto para simulación del tratamiento biológico de aguas negras, que pueden ser construidos y operados en forma continua en el laboratorio; las que

simulan el proceso de tratamiento de aguas negras con lodos activos, y las que simulan el proceso de lechos de infiltración.

6.1.— Proceso de lodos activos.— Para entender lo que puede esperarse de una unidad piloto, es necesario familiarizarse con la operación de una planta de tratamiento de aguas negras. Se muestra un diagrama en la Fig. 2. Las aguas negras son primeramente tamizadas y enviadas a tanques de asentamiento primario (A). Los sólidos asentados en estos tanques, son enviados a tanques de digestión anaeróbico y las aguas negras libres de sólidos son enviadas a los tanques de aereación del proceso de lodos activos. Este proceso convierte las sustancias orgánicas de forma coloidal finalmente dividida y la materia orgánica disuelta en lodos asentables que son removidos en el tanque de asentamiento final.

El proceso de lodos activos usa grupos de microorganismos bacterias y protozoarios que viven en los sólidos de las aguas negras, como medio purificante estos organismos son mantenidos en medio aeróbico introduciendo aire en una mezcla de lodos activos y aguas negras. Después de la aereación, los lodos activos son separados de las aguas negras tratadas, por medio de asentamiento y son recirculados al tanque de aereación. El efluente clarificado de los tanques de asentamiento final es descargado generalmente en una corriente cercana. Ocasionalmente el exceso de lodo es enviado a los tanques de asentamiento primario. Después del asentamiento, los sólidos son transferidos a los tanques de digestión anaeróbica. Generalmente se acepta que en el proceso de lodos activos, la adsorción juega un papel muy importante en la remoción de la materia orgánica de las aguas negras. Esta remoción es suplementaria a la involucrada en la conversión de las sustancias orgánicas en lodos activos.

Una unidad de laboratorio que puede ser operada continuamente y que simula el esquema mostrado en la Fig. 2, ofrece el mejor camino para evaluar la biodegradabilidad. Se muestra un modelo en la Fig. 3 .

6.2.— Proceso de lecho de infiltración.— El lecho de infiltración generalmente consiste en un lecho de piedras o escorias con un sistema de distribución para alimentar aguas negras previamente asentadas y un sistema de drenaje para remover el efluente del filtro y proporcionar ventilación. Se pretende que esta unidad remueva sustancias orgánicas disueltas y finalmente divididas de las aguas negras oxidando biológicamente estos sólidos para formar un material más estable. En el filtro se lleva a cabo la purificación de aguas—

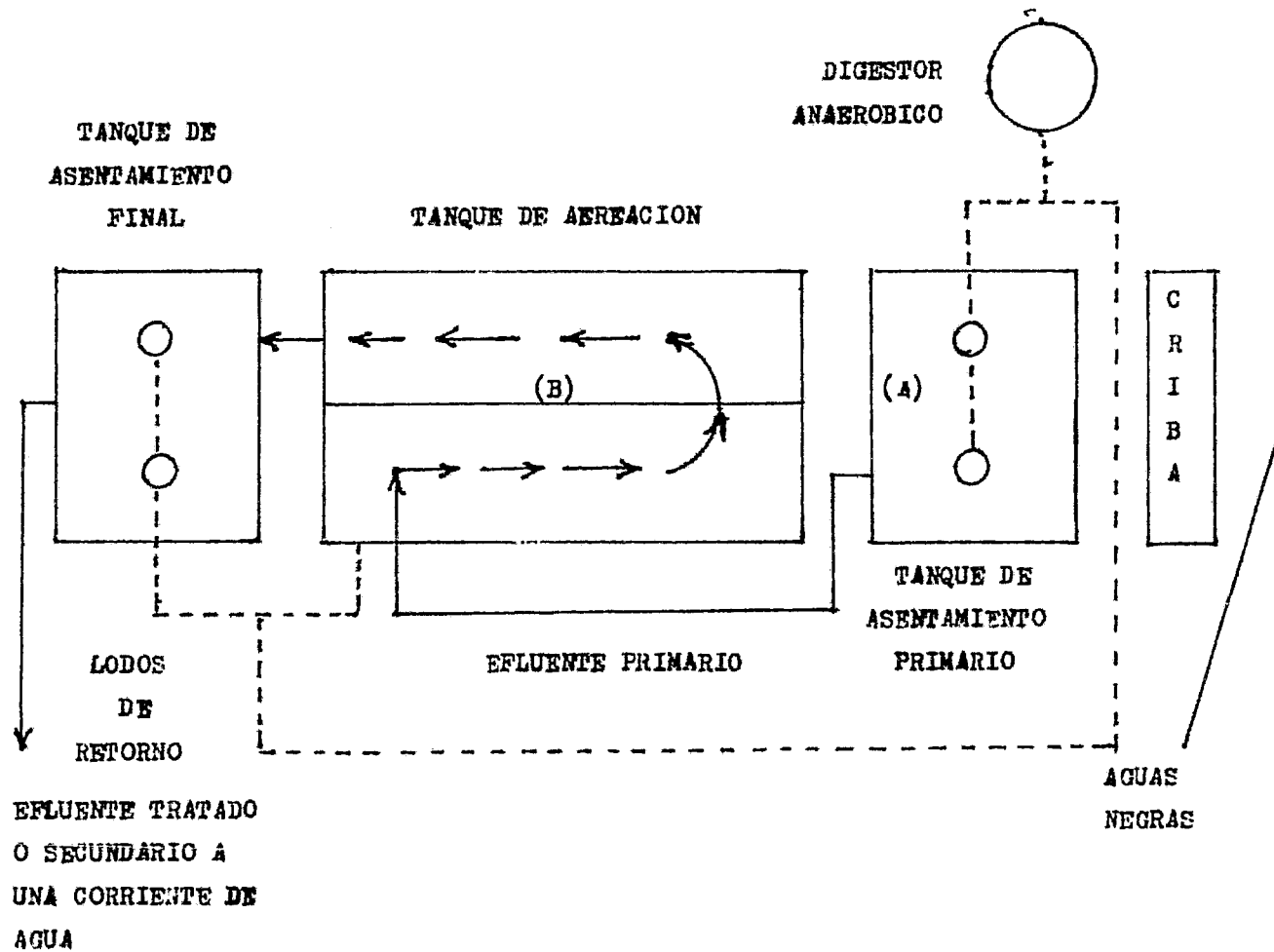


Fig. 2 Diagrama esquemático de una planta de tratamiento de desperdicios usando el proceso de lodos activos para degradación biológica.

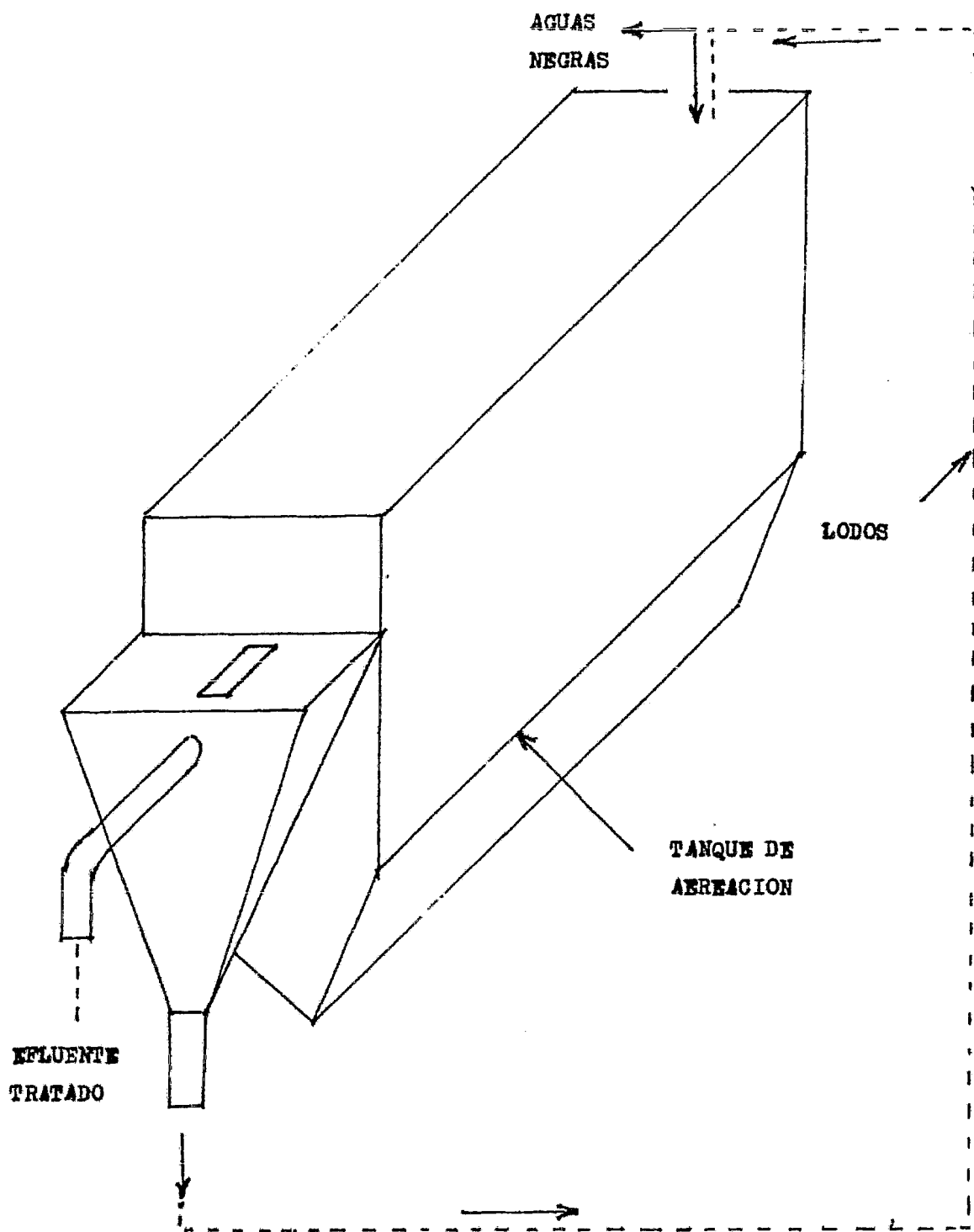


Fig. 3 Diagrama esquemático de un modelo de laboratorio de una unidad de lodos activos.

negras a través de la acción biológica de los organismos que crecen en el medio. No purifica por remoción mecánica de los sólidos. Los espacios entre las piedras de un lecho de infiltración son tan grandes, que los sólidos no pueden ser removidos por acción filtrante.

Hay tres requisitos principales para la operación eficiente de un lecho de infiltración:

- (a) Debe proporcionar área superficial suficiente para el desarrollo de la vida biológica.
- (b) Debe haber una suficiente disponibilidad de oxígeno para los microorganismos y
- (c) Los desperdicios deben ser adecuados para el tratamiento biológico.

El medio filtrante proporciona superficies para el desarrollo de materiales gelatinosos conteniendo protozoarios, algas, larvas de insectos etc. El medio filtrante debe ser de un tamaño tal que permita la circulación libre de aire a través de la unidad. Al pasar las aguas negras, previamente asentadas, a través del filtro el material gelatinoso detiene mucho de los coloides suspendidos y el material disuelto contenido en las aguas negras. Este material se usa como alimento para los microorganismos, para producir nuevas células o energía. El material alimenticio usado por las células para producción de energía, es convertido en dióxido de carbono y agua. El exceso que se acumula por crecimiento de nuevos organismos es removido periódicamente del filtro y separado en un tanque de asentamiento.

BIODEGRADACION DE LOS ALQUIL-BENCEN-SULFONATOS.

El método que se expone a continuación mide el grado de biodegradación de los alquilbencensulfonatos. Este método distingue entre sulfonatos en el que el lado de la cadena es lineal y en esos en el que es ramificada.

La muestra es primero sujeta a una prueba basada en la agitación de el cultivo. Los microorganismos son inculados en un matraz que contiene productos químicos definidos como medio de cultivo microbiano (medio basal) y el surfactante para ser examinado. La aereación es realizada por la agitación continua de el matraz.

El segundo paso es la adaptación del cultivo, la biodegradación es determinada midiendo la reducción en el contenido del surfactante durante el período de prueba. Cuando es necesario la muestra es sujeta a una prueba de confirmación basada en un tratamiento semi-continuo con lodos activos obtenidos de una planta de tratamiento de aguas negras.

El lodo, el surfactante para ser examinado y las aguas negras sintéticas --

usados como una fuente de energía para los microorganismos del lodo son --- todos puestos en una cámara de aereación especialmente diseñada. La mezcla es aereada por 23 hr, permitiendo su sedimentación, y el material sobrena--- dante eliminado. El lodo restante en la cámara de aereación es entonces lle--- vado de nuevo hasta su volumen con surfactante fresco y aguas negras sinté--- ticas y el ciclo se repite. La biodegradación es determinada por la reducci--- ón en el contenido de surfactante durante cada ciclo.

Dicha prueba fue diseñada para determinar si el sulfonato es eliminado --- totalmente por métodos usuales de tratamiento de aguas negras. Si la re--- ducción del surfactante en dicha prueba es igual o superior al 90% el mate--- rial es considerado para ser adecuadamente biodegradable fuera de otra --- prueba. Si la reducción del surfactante es entre 80 y 90% el material es --- sujeto a una prueba de confirmación. Si la reducción del surfactante en la prueba inicial es abajo del 80%, el material es considerado inadecuadamente biodegradable. Si la prueba de confirmación es necesaria, la reducción del surfactante en dicha prueba debe ser por lo menos el 90% para que el mate--- rial sea considerado adecuadamente biodegradable.

PROCEDIMIENTO:

Prueba inicial.-- A lo largo de este procedimiento utilizar agua destilada -- o desionizada (esto es libre de materiales bacteriostáticos), el agua deri--- vada de vapores condensados en muchos casos contiene aminas que son inhibi--- doras para el desarrollo microbiano.

Medio basal.-- Preparar un medio basal teniendo los siguientes componentes:

NH_4Cl	3.0	g
K_2HPO_4	1.0	g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.25	g
KCl	0.25	g
$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0.002	g
extracto de levadura	0.30	g
agua	1.0	litro

El medio basal puede ser preparado por la subsecuente disolución de los --- ingredientes secos en el agua o en soluciones de reserva de sales.

El extracto de levadura en seco es adicionado inmediatamente antes de que -- se use, o alternativamente, soluciones que contengan extracto de levadura -- tienen que ser esterilizadas si se tienen más de 8-hr antes de comenzar la prueba . Distribuir el medio basal en matraces Erlenmeyer: colocar porciones

de 500 ml en matraces de 1 litro, o de 1000 ml en matraces de 2 litros, o 1500 ml en matraces de 4 litros. El matraz de 1 litro y los matraces de 2 litros se colocan sobre agitadores giratorios y el matraz de 4 litros se le colocan agitadores intercambiables. Tapar los matraces con tapones de algodón o el equivalente para reducir la contaminación y evaporación.

CULTIVO MICROBIANO. Obtener la inoculación microbiana de algunas de las siguientes fuentes: (1) Fuentes naturales (aguas negras sintéticas, lodos activos, etc), (2) Cultivos de laboratorio (lodos activos, aguas de río, etc), (3) Cultivos comerciales disponibles. Si se desea el cultivo es mantenido en un matraz de cultivo con agitación con la transferencia semanal de medio basal más 30mg/lit del derivado lineal de dodeceno-1 de alquil sulfonato. Este material es usado como un control en el cultivo en condiciones de prueba. Para cada transferencia semanal usar 1 ml del cultivo de 7-día para cada 100 ml de medio fresco. El resultado total no es válido si la prueba con derivado lineal de dodeceno-1 de alquil sulfonato es menor de 97.5% eliminado.

Agregar 30 mg/lit de surfactante a los matraces que contienen el medio basal si el surfactante de las soluciones de reserva son usadas, la estabilidad durante el almacenaje debe ser confirmado. Usar un matraz para cada surfactante existente en la prueba, un matraz de control, y matraces para controles adicionales si se desea un matraz que no contenga surfactante (blanco). Una muestra de referencia que cumpla con las normas de biodegradabilidad para ambas pruebas (la primera y la de confirmación). Esta muestra es un compuesto de varios productos comerciales disponibles, preparados para ser usados, desde un punto de vista de biodegradabilidad de surfactantes lineales con uso comercial. Esto se sugiere para que el material sea utilizado en la prueba de control. Usando el cultivo previamente descrito, inocular los matraces comprendiendo control y blanco. Usar 1 ml de inoculante para cada 100 ml de medio basal en el matraz. Colocar los matraces conteniendo medio basal, surfactante e inoculante en una maquina de agitación para la aereación. Mantener la temperatura de los matraces con $25 \pm 3^{\circ}\text{C}$.

Adaptación. Hacer dos transferencias adaptadas cada 72-hr antes del 8-día de prueba. Transferir 1 ml del cultivo de 72-hr a cada 100 ml de medio fresco más el surfactante. Transferir de control a control, blanco a blanco surfactante prueba I a surfactante prueba I, etc.

Para seguir el curso de biodegradación, eliminar muestras de los matraces -

de agitación para el análisis.

Las muestras tienen que ser tomadas durante el 8-día de prueba a tiempo cero (inmediatamente después de la inoculación y mezclado de los contenidos del matraz). Las muestras al tiempo cero del 8-día se llevan a cabo para asegurar una apropiada concentración inicial. A menos que el análisis se determine inmediatamente, agregar 1 ml de formaldehído por 100 ml de muestra (o blanco) para actuar como un preservativo.

Calcular el % eliminado de la reducción en la concentración de surfactante como sigue:

$$\% \text{ de surfactante eliminado (día } x) = \frac{(S_0 - B_0) - (S_x - B_x)(100)}{S_0 - B_0}$$

Donde: S_0 = concentración de surfactante en la muestra al tiempo cero.

S_x = concentración del surfactante en la muestra el día x .

B_x = concentración de surfactante en el blanco el día x .

B_0 = concentración de surfactante en el blanco a tiempo cero.

El resultado de la prueba es el promedio del % eliminados los días 7 y 8.

PRUEBA DE CONFIRMACION.— Para iniciar la prueba de confirmación, reunir los activos de una planta de aguas negras tratadas principalmente con desechos domésticos. Ajustar la concentración de los sólidos suspendidos por dilución con agua de la llave a 2500 mg/lt para comenzar la prueba. Mantener los sólidos suspendidos en el licor de la mezcla a 2500 ± 500 mg/lt después de descartar los sólidos según sea necesario durante toda la prueba. Si se desea, aclimatar el lodo en el laboratorio (esto es, aclimatarlo en el agua negra sintética durante un horario de alimentación). Preparar una solución de reserva con aguas negras sintéticas usando los siguientes componentes:

glucosa	13.0 g
caldo nutriente	13.0 g
extracto de carne de res	13.0 g
K_2HPO_4	13.0 g
sulfato de amonio	2.5 g

Diluir los componentes hasta un litro con agua; disolverse completamente por calentamiento abajo del punto de ebullición. Almacenar en un refrigerador a menos de $7^\circ C$. Eliminar la solución de reserva si hay evidencia de aparición de crecimiento biológico.

Construir las cámaras de aereación igual a la que se muestra en la Fig. 4.

Usar un tubo de metal metacrilato de 83 mm de diámetro. Disminuir gradual-

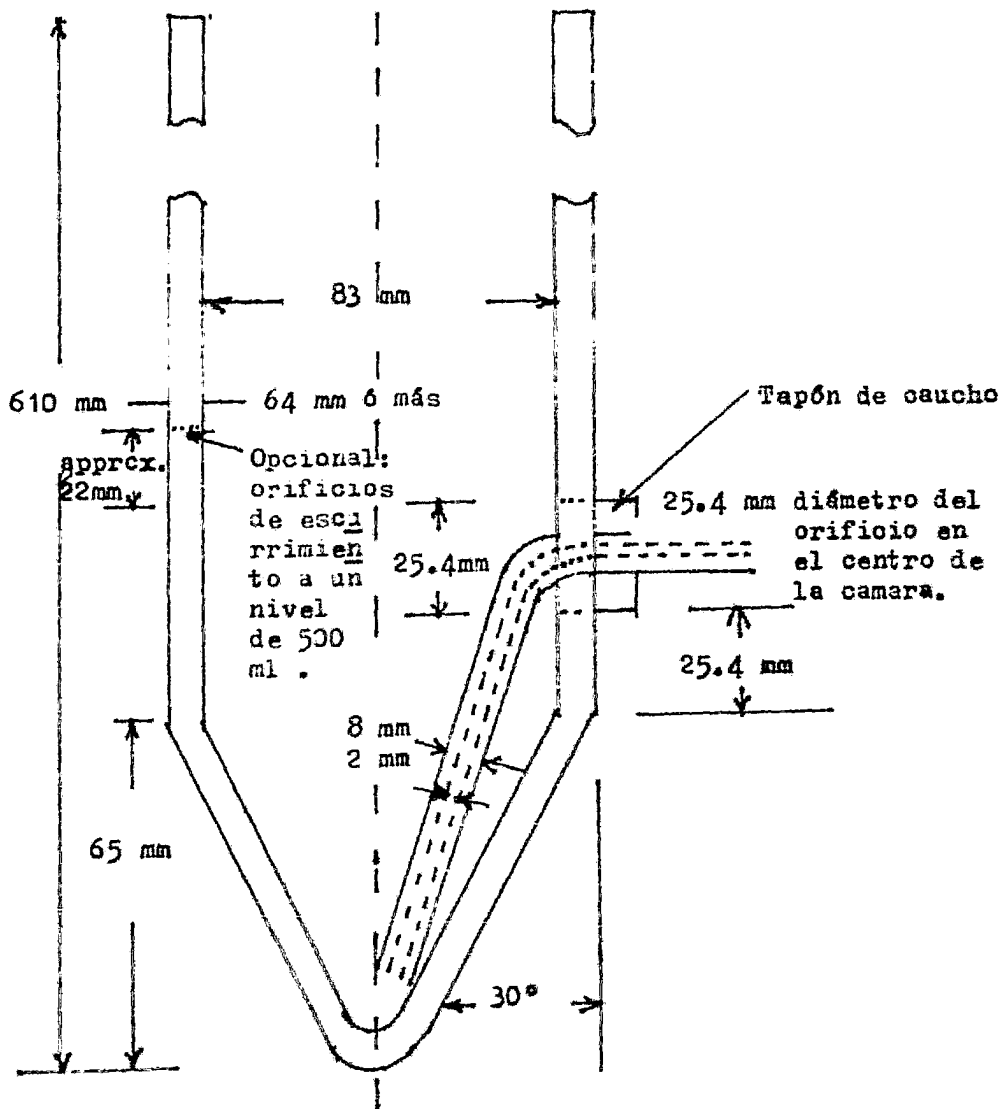


Fig. 4 Cámara de aeración semi-continua de lodos activos

mente la punta inferior a 60° de la vertical hacia el emisario de 15 mm a la base. La base mide 25.4 mm, está debe de estar cerrada para la inserción de un tubo de liberación de el aire de 25.4 mm sobre la pared vertical y el remate en la punta. La longitud total de la cámara de aereación debe ser de por lo menos de unos 600 mm. Una perforación para el escurrimiento opcional debe ser localizado a el nivel de 300 ml para facilitar el drenaje. Las unidades son cerradas de el lado izquierdo a la atmósfera. Montar las unidades perpendicularmente. Se coloca la muestra opcionalmente, a un lado colocar un sifón a través de la superficie de la unidad, o un tubo de escurrimiento. Colocar la punta de el capilar de 7 mm de la base de la cámara de aereación. Mantener las siguientes condiciones en cada cámara de aereación: Agregando un volumen de líquido de 1500 ml de efluente, 1000 ml diarios (500 ml de lodo sedimentado); temperatura de $25 \pm 3^\circ\text{C}$, medida de aire 500 ml/min. Filtrar el aire comprimido a través de lana de vidrio o otro medio apropiado para eliminar la contaminación.

El promedio del periodo de aereación tiene que medirse unas 28 hrs día con desviaciones individuales de no más de 1 hora. El periodo de sedimentación debe ser por lo menos 1/2 hora. Si se encuentra espuma excesiva; usar una mínima cantidad de silicon para disminuir la espuma hasta mantenerla dentro de la unidad. Para prevenir la acumulación de sólidos y surfactante — encima de el líquido, las paredes de la unidad pueden ser limpiadas periódicamente. Mantener un cepillo para cada unidad hasta reducir la contaminación encontrada. Justamente después de alimentarse raspar y enjuagar hacia abajo los sólidos residuales que se adhieren a las paredes de la cámara; y raspar más tarde según se necesite, no solo durante las últimas 8 horas — del ciclo. Con cada recorrido mantener una unidad en blanco con alimento — y incluir una unidad provista de derivado lineal de doceceno-1 de alquil — sulfonato como un control sobre todo, condiciones de operación. Controles adicionales son recomendables.

La composición deseada de el nutriente es como sigue:

Glucosa, caldo nutriente, extracto de carne de res y K_2HPO_4 cada 120 mg/lit
 sulfonato de amonio 25 mg/lit.
 surfactante 20 mg/lit (o cero para cada blanco).

Para la determinación del análisis es necesario, combinar lo siguiente:

10 ml de solución de reserva de aguas negras sintéticas; 20 mg de surfac—

tante (si la solución de reserva es usada, la estabilidad durante el almacenamiento debe ser confirmada), agregar suficiente agua para proveer a la solución de 1000 ml de solución. Mezclar bien la muestra para el análisis del surfactante agregarlo a la cámara. Si el lodo agregado al surfactante prueba no es aclimatado usar el siguiente incremento de surfactante en el horario de alimentación.

día 0	alimentar con 4 mg/lt de surfactante.
día 1	alimentar con 8 mg/lt de surfactante.
día 2	alimentar con 12 mg/lt de surfactante.
día 3	alimentar con 16 mg/lt de surfactante.
día 4	finalmente alimentar con 20 mg/lt de surfactante.

Tomar una muestra para la determinación de sólidos suspendidos 2 a 3 hr — después de su alimentación. Si es necesario eliminar suficiente licor de la mescla para mantener los sólidos suspendidos entre 2000 y 3000 mg/lt .

El volumen del índice de lodo se define como el volumen ocupado en un 1 g — de lodo activo después de la sedimentación del licor aerado por 30 min.

Procedimiento: Tomar 1 litro de muestra de la cámara de aeración, sedimentar por 30 min. en un cilindro graduado de 1000 ml, y leer el volumen — ocupado por el lodo en ml.

Calculos:

$$\text{VOLUMEN DEL INDICE DE LODO} = \frac{\text{ml de lodo sedimentado} \times 1000}{\text{mg/litro de sólidos suspendidos}}$$

Para la aeración para permitir la sedimentación por 30 minutos. Leer a — los 30 minutos el volumen de el lodo sedimentado. Este paso es opcional. Sólidos suspendidos.

Este método es usado para muestras en la prueba de confirmación.

Los aparatos que se utilizan son: disco de aluminio con una perforación en — la superficie, similar a un embudo Buchner, con un diámetro exterior de — 90 mm inferior de 25 mm.

El papel filtro, 90 mm de diámetro, cualitativamente rápido.

Esponja de caucho de 93 mm de diámetro exterior a 75 mm de diámetro interior aproximadamente 3 mm de espesor.

Embudo Buchner, No. 2A, diámetro interior en la base 93 mm .

Matraz para filtrar de 1 litro con tubo al lado.

Procedimiento: Colocar el papel filtro en el disco de aluminio y secar ambos

en un horno de 103 a 105°C. Enfriar en un desecador y pesar. Humedecer el p papel filtro. Colocar el filtro sobre la esponja de caucho en el embudo — Buchner y aplicar alrededor de 51 cm de Hg de vacío para el matraz. Inmedia tamente adicionar a el disco de 20 a 400 ml de muestra, que nos da 0.2 a 0.4 gramos de sólido seco. Después el agua se extrae, secar el disco y el contg nido por aproximadamente 30 minutos a la temperatura de 103 a 105°C. Enfriar en un desecador y pesar.

Calcule:

$$\text{Sólidos suspendidos, mg/litro} = \frac{W_i - W_o}{\text{ml de muestra}} \times 1000$$

Donde: W_i = peso seco del disco y el contenido después de la filtración.

W_o = peso del disco con el papel filtro, secos.

Una desviación estandar de 0.6 mg en unos 100 g de muestra.

Eliminar la parte superior de 1000 ml (efluente) para un análisis subsecuente, dejando 500 ml de lodo sedimentado y licor en la cámara de aereación.

Continuar la aereación y agregar la última porción de 1000 ml de nutriente a la cámara.

El tiempo mínimo requerido para la comprobación de un nuevo surfactante — es 15 días, distribuidos como siguen: 5 días para incrementar la vigorizacio ñ del surfactante; tres días para igualar a 20 mg/lt al surfactante; — 7-días para el nivel de operación. El nivel de operación es determinado sepa radamente para cada unidad y es definido en un periodo de 7-días durante el cual la diferencia en el % eliminado en los dos días consecutivos es — más del 5%, y la diferencia en el % del promedio eliminado para los primeros tres días y el promedio para los últimos tres días no es más del 3%.

Analizar la entrada y salida de cada unidad para surfactantes aniónicos.

Realizar lo siguiente como sigue: Analizar diariamente las muestras del eflu efluente. La afluencia puede ser examinada cada 5-días, no incluyendo el — incremento del período de surfactante vigorizado. Al menos tres de las muestras afluentes pueden caerse adentro del nivel del periodo de operación.

Guardar todas las muestras con 1 ml de solución de formaldehído al 37% por 100 ml de muestra a menos que el análisis no sea hecho inmediatamente.

Calcular todos los días el % de surfactante eliminado, principiando con — el 4 día en el que el surfactante es nutrido con 20 mg/lt;

$$\% \text{ del surfactante eliminado (día } x) = \frac{(S_1 - S_x) \bar{x} 100}{S_1}$$

Donde: S_1 = El promedio del análisis del 5 día del afluente corregido — por la sustracción de el análisis del afluente y el blanco, y
 S_x = Análisis del efluente menos el análisis del afluente el día x
 El resultado reportado es el porcentaje eliminado en un periodo de 7 días — durante el nivel de operación.

PROCESO QUIMICO DE LA BIODEGRADACION DE LOS DETERGENTES.

La biodegradación de detergentes en aguas negras es esencialmente resultado de la acción bacteriológica, tal como sucede con los otros componentes de — las mismas. Las reacciones metabólicas bioquímicas involucradas, parecen — ser muy similares ya sea que se trate de detergentes o de cualquier otro ti — po de compuestos orgánicos, aunque hay ciertas peculiaridades que aparecen en su biodegradación, debidas a la estructura característica de los deterge — gentes con grupos hidrofílicos e hidrofóbicos juntos en la misma molécula. En la Fig. 5 se muestra un experimento típico de biodegradación en agua de río, para usarlo como referencia.

Para este experimento se disolvieron 7 mg de muestra de detergente en un — litro de agua de río, y la solución se analizaba con intervalos de varios — días por el método del azul de metileno. Se muestran tres diferentes deter — gentes, uno de los cuales sufrió un ataque considerable de los microorganismos presentes en el agua de río; otro de ellos fué muy resistente y otro — fué de caracter intermedio (el tipo que generalmente se encuentra en los — productos comerciales .

OXIDACION BIOQUIMICA.

Los microorganismos son capaces de biodegradar una amplia variedad de com — puestos orgánicos, usándolos como abastecimiento de energía. La variedad de mecanismos bioquímicos requeridos para este proceso es considerablemente — pequeña, ya que un microorganismo lleva a cabo la degradación de diversos — materiales con un mismo mecanismo, y los productos intermedios de degrada — ción son los mismos.

La degradación de los surfactantes se lleva a cabo por las mismas reacciones aunque hay algunas modificaciones pequeñas en el proceso debido a la estruc — tura de los detergentes.

Hay tres mecanismos bioquímicos de oxidación que son especialmente útiles — para explicar la degradación de los detergentes.

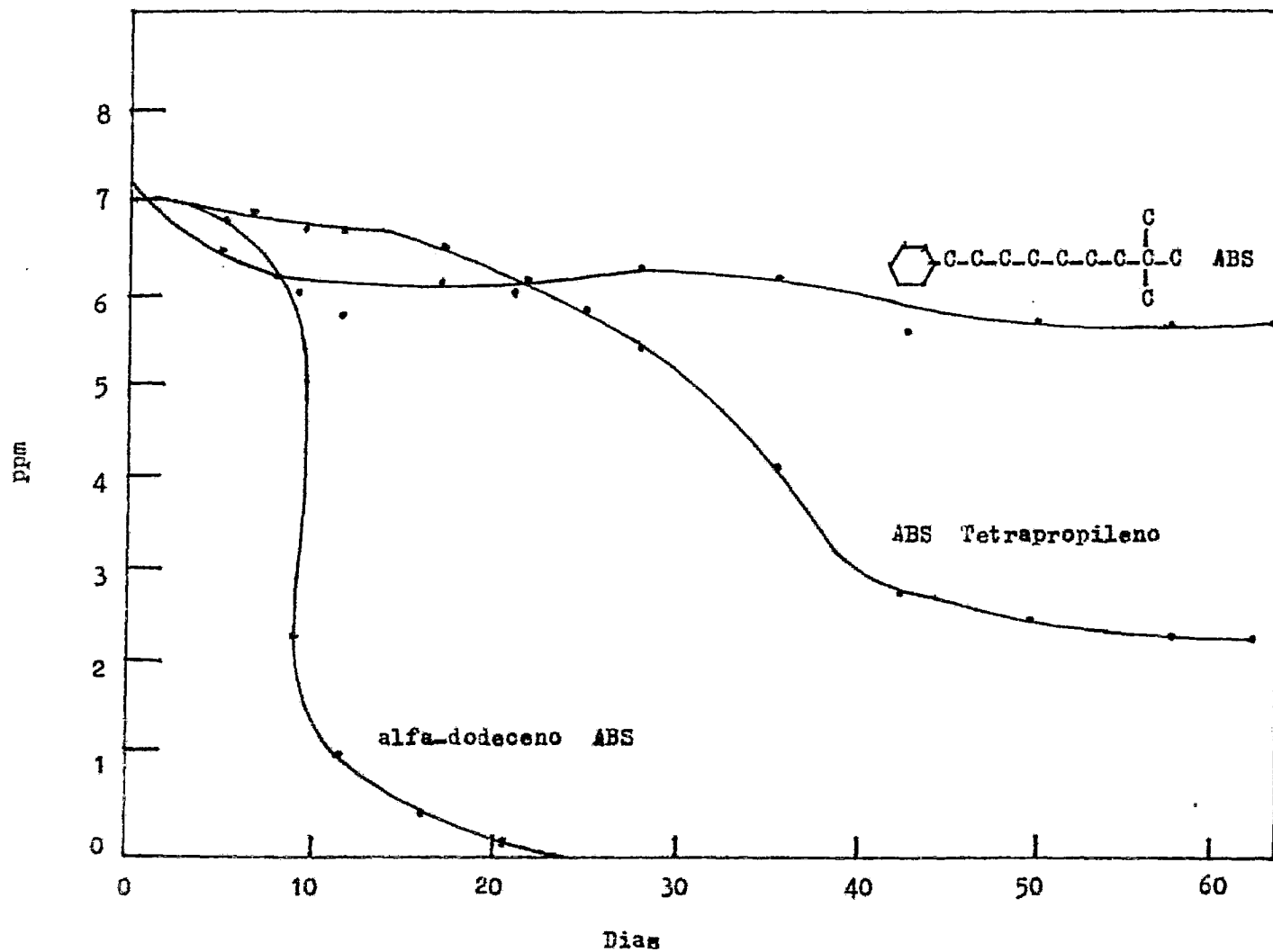


Fig. 5 Degradación en agua de río en tres tipos de ABS (análisis por azul de metileno).

(a).- **Beta-Oxidación.**- Los ácidos grasos son degradados por este proceso y pueden ser sintetizados por las reacciones llevadas a cabo en sentido contrario. Los ácidos grasos son una parte necesaria para todos los procesos de la vida, y el mecanismo de β -oxidación se lleva a cabo en todos los tipos de células vivas de animales, plantas o microbios. La reacción es una oxidación de dos carbonos de la cadena del ácido graso a la vez, para formar grupos acetilo, los cuales son usados por la célula para obtención de energía o para reacciones de síntesis de la célula. La Fig. 6 muestra un panorama detallado. Primeramente el grupo carboxilo debe esterificarse con una coenzima A, un mercaptano orgánico moderadamente complejo. Posteriormente son eliminados dos hidrógenos para dar un derivado α - β no saturado que sufre una hidratación para producir el derivado β -hidroxi que a su vez pasa a un β -ceto derivado. Finalmente otra molécula de la coenzima A se adiona entre los carbonos y rompiendo el acetil coenzima A y dejando un ester de coenzima A de ácido graso, de tamaño más corto que el original, listo para sufrir una secuencia igual de reacciones para continuar la degradación.

Cada una de las reacciones indicadas en la Fig. 6 es realmente una serie de reacciones, cada una de las cuales es catalizada específicamente por una enzima y que es reversible bajo circunstancias apropiadas. El hidrógeno no aparece propiamente como átomos de hidrógeno, como se indica en la Fig. 6, sino que es tomado por agentes de transferencia de hidrógeno tales como difosforopiridina o nucleótidos, que lo llevan a otros componentes lábiles de la célula. En sistemas aeróbicos, el hidrógeno en última instancia es aceptado por el oxígeno atmosférico para formar agua. La degradación anaeróbica de los ácidos grasos se lleva a cabo también por el mecanismo de β -oxidación, pero el aceptor de hidrógeno debe ser un compuesto de carbono, para formar metano, o un sulfato para formar ácido sulfhídrico, dependiendo del microorganismo.

(b).- **Metil Oxidación.**- Si el grupo metilo terminal de un detergente puede ser oxidado a grupo carboxilo, la degradación debe proceder con más facilidad por el mecanismo de β -oxidación, el cual se ha encontrado que se lleva a cabo en todos los seres vivientes. La evidencia de tal oxidación de grupos metilo, se encuentra en el hecho de que muchos microorganismos pueden vivir de hidrocarburos como única fuente de

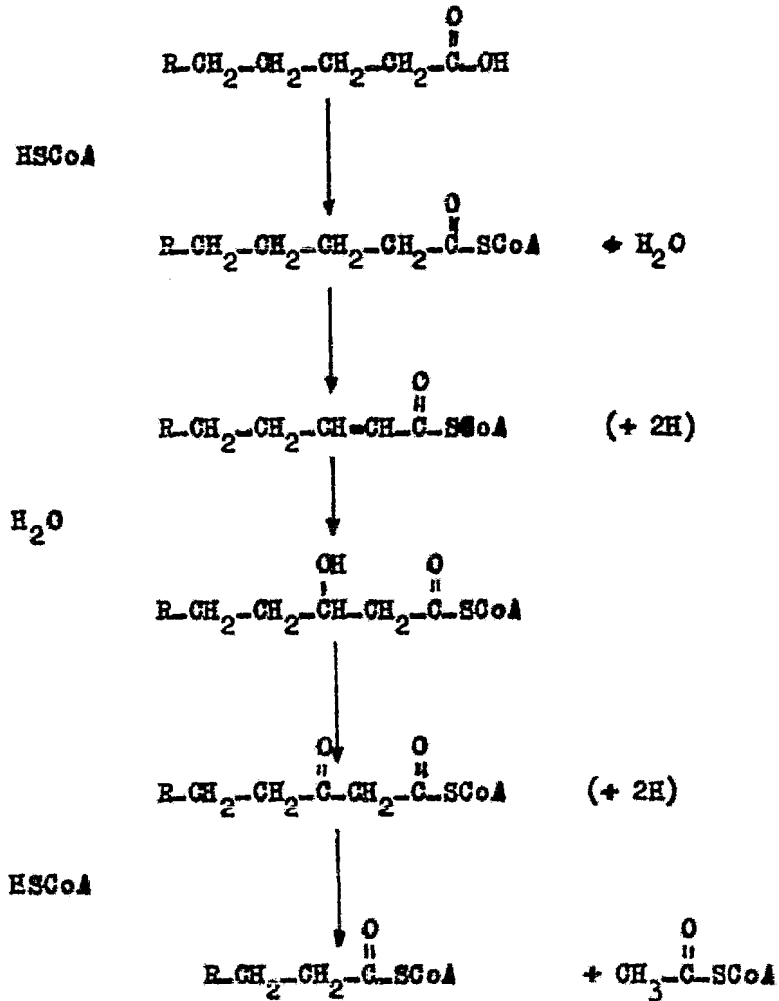


Fig. 6 Etapas en la Beta-Oxidación (H S CoA = Coenzima A)

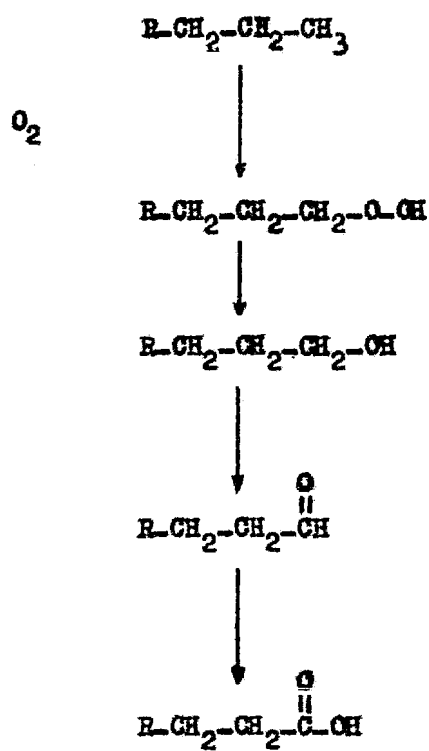


Fig. 7 Etapas en la oxidación bioquímica de un grupo metilo a carboxilo .

alimentación.

La bioquímica de este proceso oxidativo no se ha investigado tan a fondo como la oxidación. Kallie y sus colaboradores han mostrado que el ataque de oxígeno para dar un hidropéroxido es una reacción de importancia en el mecanismo. Las reacciones subsecuentes convierten este intermediario en un alcohol primario, continuando a aldehído y a ácido carboxílico como se muestra en la Fig. 7. Cada etapa es catalizada por sistemas enzimáticos apropiados. La primera etapa difiere significativamente del ataque no bioquímico por oxígeno, el cual ocurre preferentemente en carbonos secundarios y terciarios en lugar de los primarios.

(o).—Oxidación Aromática.— El anillo benzénico aparece en todos los sistemas vivientes, por ejemplo en varios de los aminoácidos, y no debe causar extrañeza que se puedan llevar a cabo la síntesis y degradación de los compuestos aromáticos por mecanismos metabólicos.

Uno de los más comunes es el que se muestra en la Fig. 8. Se ilustra el ejemplo con ácido benzoico, pero se ha encontrado la misma secuencia para el benceno mismo, el fenol, el ácido salicílico y otros derivados. En cada caso se forma catecol por una oxidación catalizada por enzimas, con oxígeno molecular, y el anillo es abierto entre dos grupos carboxilo para dar un ácido dicarboxílico. Este es convertido en ácido β -ceto adípico por tres rearrreglos moleculares sucesivos, el cual puede dividirse por los mismos medios usados en el proceso de β -oxidación, dando un grupo acetate y un succinato, los cuales son compuestos involucrados en el equilibrio metabólico de la célula.

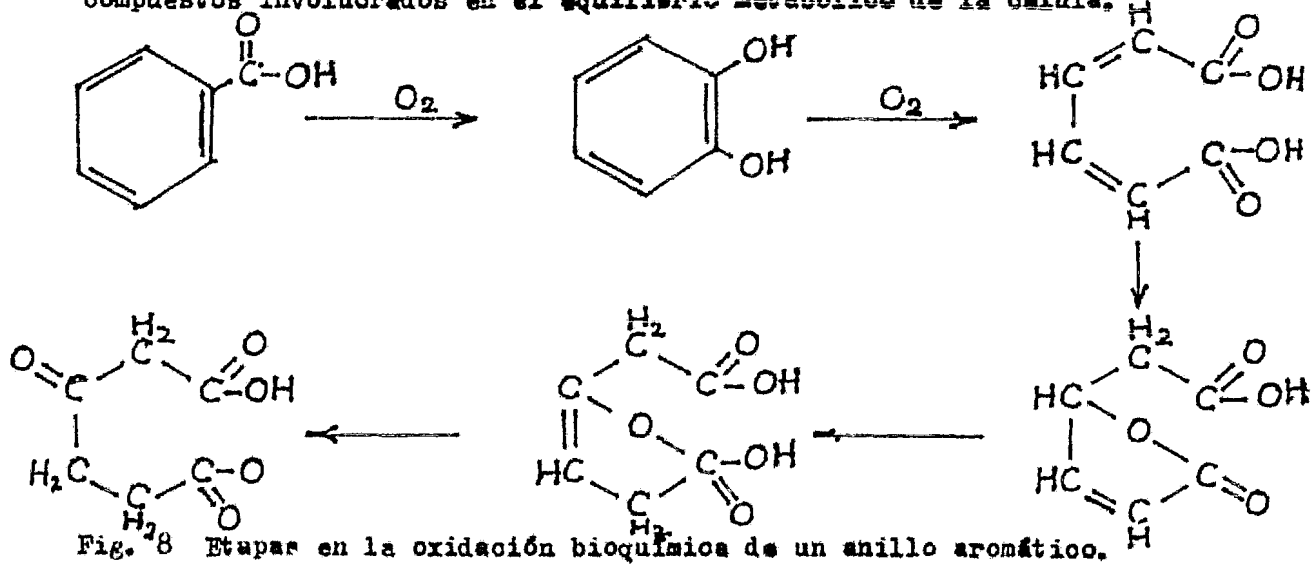


Fig. 8 Etapas en la oxidación bioquímica de un anillo aromático.

INDICIOS DE BIODEGRADACION.— La figura 5 muestra el resultado de una prueba de estos materiales en agua de río. La curva intermedia, ABS tetrapropileno permaneció constante por más o menos tres semanas, cerca del valor inicial — de 7 ppm; entonces bajo hasta cerca de 2 ppm hasta el final de la prueba. La curva muestra que alguno de los componentes son degradados por bacterias en agua de río a mayor velocidad que otros más resistentes. Sin embargo, — hasta los componentes más resistentes del ABS tetrapropileno son degradados si son mantenidos suficiente tiempo en contacto con los microorganismos. Esto puede tener lugar hasta en agua de río. Se pueden encontrar muestras — de agua de río que, debido a mayor actividad de las bacterias o quizá a — otros accidentes del medio ambiente, realizan una degradación mucho mejor — más rápida y en mayor grado, que la mostrada en la Fig. 5.

El ABS de cadena recta mostrado en la Fig. 5 se mantuvo constante más o menos una semana antes de iniciar la desaparición, y transcurrieron tres semanas antes de su desaparición total. En este caso también con una muestra — activa de agua de río la desaparición es mucho más rápida, y casi siempre — este material desaparece en seis o siete días (algunas veces en tiempos tan cortos como cuatro días). En un sistema concentrado de bacterias, como lo — dos activos, es degradado en pocas horas.

El isómero del ABS mostrado en la parte superior de la curva de la Fig. 5 — representa el otro extremo. Este fué sintetizado como modelo típico de ABS resistente a biodegradación en virtud de su átomo de carbono cuaternario. La curva representa la dificultad de los microorganismos que presumiblemente llevan a cabo el mecanismo de formación de doble ligadura, en realizarlo en un carbon unido a otros cuatro átomos de carbono, que no tienen átomos disponibles para deshidrogenación. Sin embargo, como se mostrara más adelante este producto también es degradado cuando es expuesto a una muestra más — activa o en la misma agua de río.

RELACION ENTRE ESTRUCTURA Y BIODEGRADABILIDAD.— Algunas variedades de ABS — se degradan mucho más rápido que otras. La diferencia en rapidez estriba en el tamaño y forma de la cadena lateral. En general se puede decir que la de gradación es más fácil cuanto más recta es la cadena, más larga, y mayor la distancia entre el grupo sulfonato y el final de la cadena. Esto sugiere — que el grupo sulfonato de la molécula del surfactante puede llegar a fijarse en la enzima si se encuentra a cierta distancia de esta cuando se inicia el proceso oxidativo de la cadena. Entre mayor es la distancia del grupo —

sulfonato y el final de la cadena, es menos probable la interferencia con la enzima, y la degradación debe llevarse a cabo más fácilmente si las — otras condiciones son iguales.

a) Posición del grupo fenilo.

La Fig. 9 muestra los resultados típicos obtenidos usando la técnica de — la cromatografía de gases en la detección de la biodegradación en agua de río. El cromatograma superior de la composición de una mezcla de ABS de — cadena recta con C_{12} y C_{14} , en el tiempo cero, inmediatamente después de disuélta en el agua de río. Los números que identifican los picos individuales muestran cual de los átomos de carbono a lo largo de la cadena es — ta unido al grupo fenilo. El área bajo cada pico es proporcional a la can — tidad del compuesto presente en la prueba.

El cromatograma inferior muestra está solución en agua de río quince días después, en cuyo tiempo el análisis del azul de metileno ha indicado una — disminución de 5 ppm a 2.5 ppm. Los isómeros 2- y 3- fenilo obviamente — han desaparecido más rápidamente que aquellos que tienen el grupo fenilo más cerca del centro de la cadena. Una comparación cuantitativa basada en las áreas de los picos muestran un decremento progresivo en la velocidad de degradación para cada isómero sucesivo del 2- fenil hacia el centro — de la cadena.

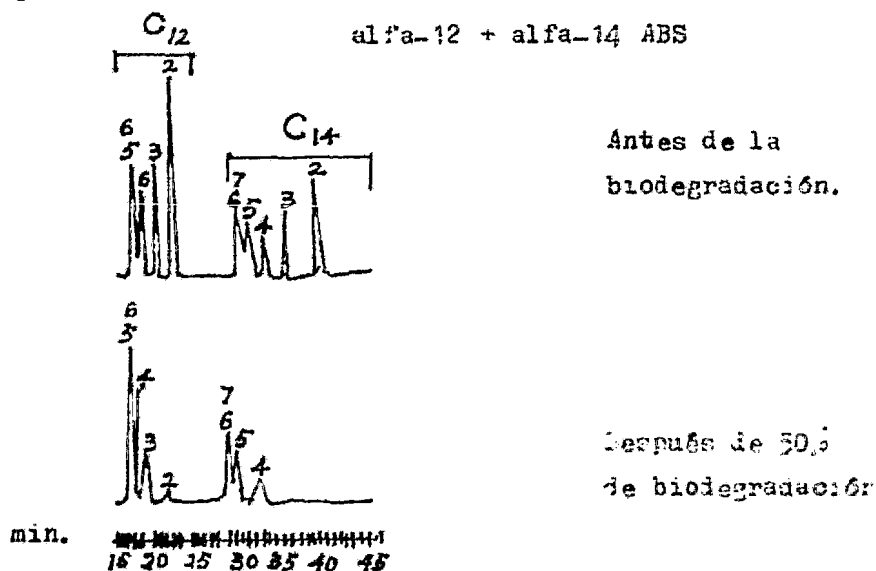


Fig. 9 degradación de α -dodeceno + tetradeceno en agua de río. (concentración inicial 5 ppm).

Los ABS de cadena recta de todas las longitudes desde C_{10} hasta C_{15} muestran

resultados similares. Así mismo sucede con las cadenas de número par de átomos de carbono desde C_6 hasta C_{12} . No se han llevado a cabo experimentos con cadenas de número non de átomos de carbono, pero los resultados incuestionablemente deben ser similares. La mezcla de 12 compuestos diheptilbencénsulfonatos de cadena recta ilustra muy bien el efecto de la posición del fenilo. La mezcla contiene los 6 meta-isómeros y 6 para-isómeros. Los ejemplos típicos se ilustran en la Fig. 10.

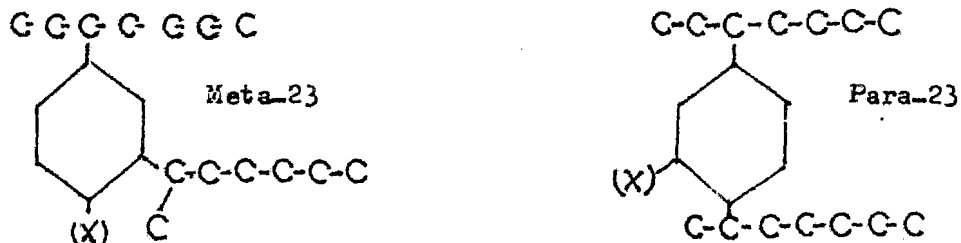


Fig. 10 Nomenclatura de los isómeros del diheptilbenceno. (X) indica la localización más probable del grupo sulfonato.

Cuando está mezcla es alimentada a una unidad de lodos activos a una concentración de 25 ppm, junto con alimentos ordinarios, desaparece cerca del 60% en 24 hr.

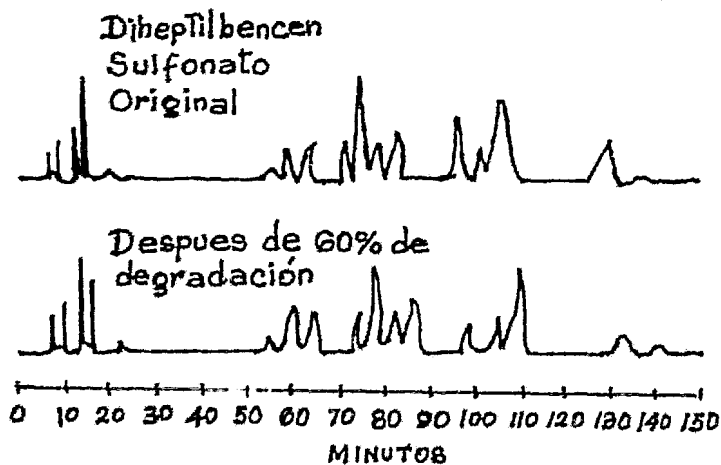


Fig. 11 Degradación de diheptilbenceno en lodo activo (concentración inicial 25 ppm).

El cromatograma de la Fig. 11 muestra la composición del 40% restante. De las áreas de los picos puede calcularse la cantidad de cada uno de los 12 isómeros que ha sido degradado el porcentaje restante. En la Fig. 12 se han graficado estas cantidades contra la estructura de los isómeros, y la regularidad encontrada está de acuerdo con los resultados de los derivados

monocuilicos discutidos previamente.

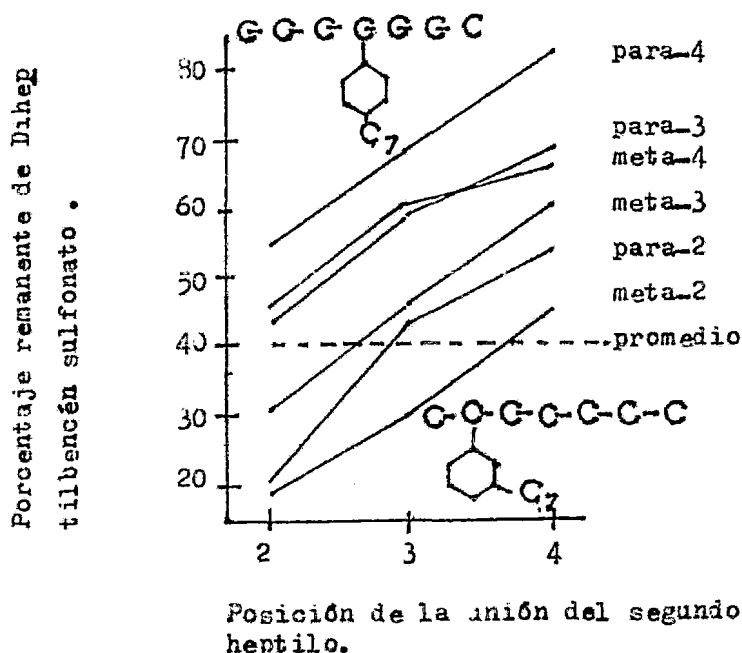


Fig. 12 Velocidad de degradación de los isómeros de diheptilbencén sulfonato. El porcentaje corresponde a 24 hr de tratamiento.

La línea punteada en 40% muestra el promedio de la mezcla restante que permanece después de las 24 hr. La curva inferior muestra los tres meta-isómeros en los cuales una de las cadenas es atacada en la posición 2-, y la otra en la 2-, 3-, ó 4-, como se indica por la escala del eje horizontal. El isómero meta-2, abajo a la izquierda, muestra un residuo de solo 15% se ha degradado el 82% en 24 hr. Hay 32% de residuo meta-23 y 46% del meta-24. Por lo tanto la degradación es más lenta mientras la posición del fenilo en el segundo radical heptilo se acerca más al centro de la cadena. En otras palabras, al acercarse al grupo sulfonato al extremo de la cadena, respecto a la familia de los paras correspondiente a lo anterior, se nota una degradación más lenta comparativamente en el orden creciente metas-3, paras-3, metas-4, y finalmente paras-4. El isómero más resistente fué el para-44 en la parte superior derecha, con un residuo de cerca de 75% después de 24 hr de exposición. Cada familia muestra los mismos resultados al acercarse el grupo fenilo al centro de la cadena.

b) Longitud de cadena.

Los cromatogramas en la figura 9 también dan información de los efectos de la longitud de cadena. En la mezcla degradada 50% cada isómero C_{14} ha desaparecido en mayor proporción que su homólogo C_{12} (el 2-14 y 3-14 han desaparecido, mientras que algunos de los 2-12 y 3-12 permanecen). La suma total de los C_{14} residuales es solo de 40% de la cantidad original presente, mientras que hay 60% residual de los C_{12} . En otras palabras, el C_{14} se degrada más rápidamente que el C_{12} . Con una mezcla de C_{10-15} se observa el mismo efecto: mientras mayor es la cadena - mayor distancia entre el grupo sulfonato y el final de la cadena - más rápida es la degradación.

Se ha llevado a cabo también la comparación de la velocidad de degradación de homólogos de cadena recta por medio de sus curvas de desaparición de azul de metileno disolviéndolos separadamente en agua de río. Se ha observado un incremento progresivo en la velocidad de degradación al aumentar un átomo de carbono en el compuesto, desde C_6 hasta C_{12} . En compuestos de más de 12 átomos de carbono se hace necesaria una aclimatación previa de los microorganismos lo que impide la comparación de la velocidad de desaparición de una solución con otra en agua de río sin microorganismos aclimatados.

Los resultados de Ryckman y Sawyer muestran más o menos la misma correlación con la longitud de cadena. Ellos usaron el oxígeno consumido (BOD y Warburg) como medidas de la biodegradación y encontraron que los compuestos secundarios butil y aril bencén sulfonatos se degradaron significativamente más despacio que los octil decil, y tetradecil.

c) Posición del sulfonato.

Para los ABS primarios de cadena recta (en los que el grupo fenil está unido al final de la cadena) el isómero para-sulfonato desaparece más rápidamente en las pruebas de agua de río, de lo que lo hace el isómero orto. Se ha notado también un efecto similar en los ABS secundarios de cadena recta. Esto sugiere que la distancia entre el grupo sulfonato y el final de la cadena puede ser un factor controlante de la velocidad de degradación más que la posición del fenilo a lo largo de la cadena.

Las velocidades de desaparición de los isómeros diheptilos mostrados en la Fig. 11 corroboran este concepto. Cada para-dialquil isómero es degradado ligeramente más despacio que su correspondiente meta-isómero. La distancia del grupo sulfonato al final de cadena más lejano es mayor en el isómero meta-diheptil que en el correspondiente para, como puede ser observado en la Fig. 10.

a) Ramificación de cadena.

d.1.- Ramificación por metilos.- La introducción de un grupo metilo en la cadena lateral tiene un efecto muy ligero en la velocidad de degradación, como se muestra por la comparación de tres componentes puros mostrada en la Fig. 13 cada uno de los cuales tiene una longitud de cadena efectiva de 11 átomos de carbono. En cuatro días el valor del azul de metileno de la mezcla disminuyó un 30% de su valor original de 7.4 ppm. El 1-fenil undecano sulfonato (compuesto No. 1), tuvo un residuo de más o menos 23% mientras que los otros tuvieron cerca de 30%; por tanto el grupo metilo en la cadena retarda la degradación ligeramente; hay una diferencia muy pequeña si el metilo se encuentra al principio o al final de la cadena.

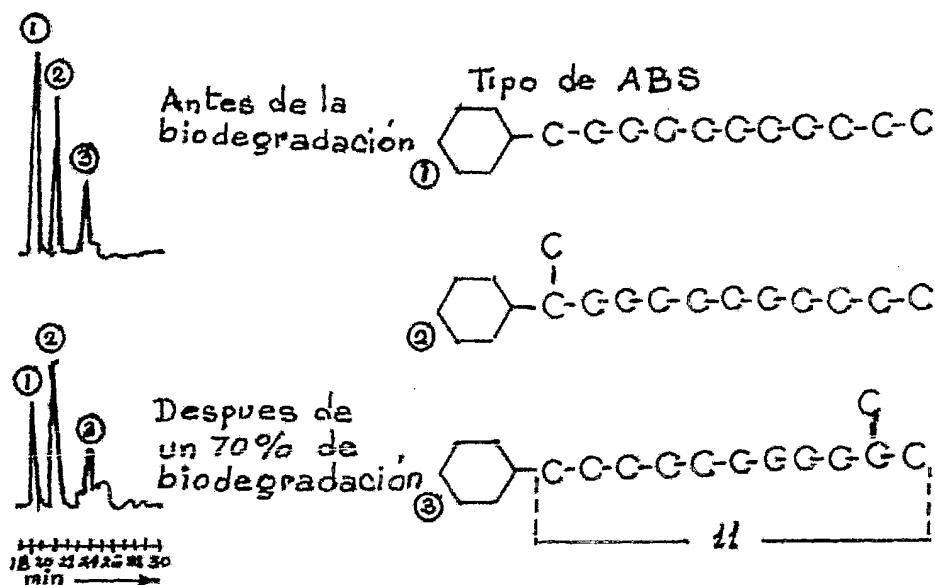


Fig. 13 Degradación en agua de río de ABS de longitud de cadena efectiva C_{11} (concentración inicial), (7,4 ppm).

e) Carbonos cuaternarios.

Como se indicó anteriormente un carbono cuaternario en el extremo de la cadena interfiere seriamente la biodegradación. Sin embargo, en condiciones -

adecuadas, este tipo de compuestos desaparece después de 4 o 5 semanas en el agua de río, según ha sido determinado por el método del azul de metileno, o por cromatografía de gases. Obviamente la degradación debe involucrar algún mecanismo metabólico además de los discutidos previamente, ya que la doble ligadura característica del proceso de la β -oxidación no puede ser formada en un átomo de carbono cuaternario. El ataque inicial podría suceder en un grupo intermedio a lo largo de la cadena esto parece razonable, ya que el ciclohexano, constituido totalmente por grupos metilo es rápidamente atacado por bacterias. Por otra parte la degradación podría involucrar la oxidación inicial de uno de los grupos metilo terminales a carbóxilo. En cualquier caso el aumento de rapidez en el ataque observado para los homólogos más largos, encaja en el cuadro general desarrollado arriba para las cadenas abiertas: el grupo sulfonato de la molécula puede unirse a una enzima en un punto a cierta distancia de donde es iniciada la oxidación.

Se han reportado algunos compuestos de átomo de carbono terminal cuaternario como más resistente a la biodegradación de los de cadena recta.

De cualquier manera, la presencia de un átomo de carbono cuaternario en el ABS no necesariamente significa desaparición lenta en biodegradación, la presencia de una suficiente longitud en una cadena de extremo abierto, proporcionará un punto de fácil ataque. Por ejemplo, el sulfonato de 2-fenil-2-metil undecano es fácilmente degradado. Un derivado cuaternario terminal, el sulfato de 4-fenil-2,2,3-trimetil nonano, fué degradado a una velocidad no mucho más lenta que el 6-fenil dodecano sulfonato. Esta diferencia en velocidad puede ser estadística, ya que el último compuesto tiene dos terminales de cadena abierta, disponibles para ser atacadas, comparadas con solo una en los derivados cuaternarios.

f) Cadenas altamente ramificadas.

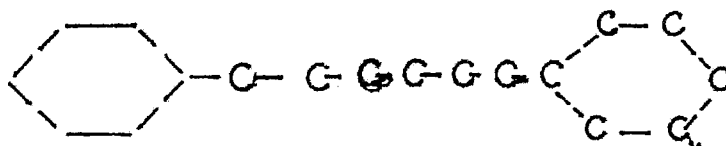
Aparte de los derivados cuaternarios ya citados, hay poca información en la literatura de ABS altamente ramificados de estructura conocida. Puede haber una pequeña duda pero es lógico pensar que para un número dado de átomos de carbono, la degradación debe ser más lenta al aumentar el grado de ramificación debido a la menor longitud de cadena efectiva. La presencia de un carbono cuaternario en el extremo de la cadena, representará naturalmente una resistencia adicional, como se ha indicado en la sección precedente. Posiblemente aún en ausencia de un grupo cuaternario, el agrupamiento de varias ramificaciones en carbonos vecinos no debe provocar efectos adicionales, más

alla de los que provoca la presencia de un grupo metilo.

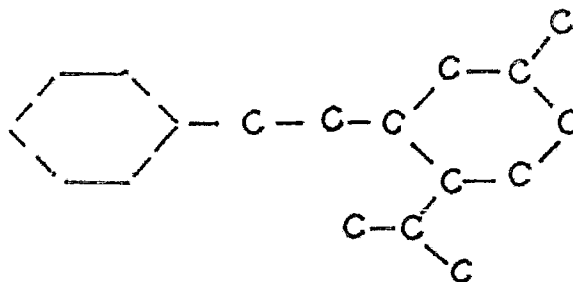
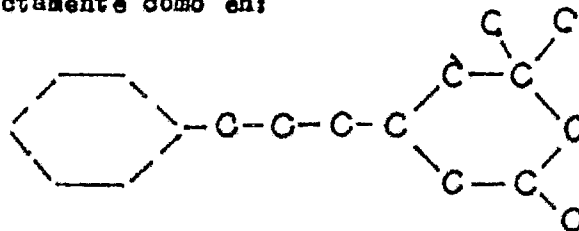
g) Grupos cíclicos.

Los datos de alquil bencenos teniendo estructuras cíclicas en la cadena lateral, están relacionados también con la longitud efectiva de la cadena.

El sulfonato del 1-fenil-6-ciclohexil-hexano:



ha sido reportado como de degradación satisfactoria en agua de río, aunque menor que la del ABS de cadena recta. Si los doce átomos del alquilo son arreglados más compactamente como en:



la degradación parece ser mucho más difícil, según se ha probado en todos los activos.

Naturalmente que el grupo ciclohexilo no es intrínsecamente resistente al ataque bacteriológico; el compuesto ciclohexano, de la misma familia, es fácilmente degradable.

h) Productos intermedios de degradación.

Los datos presentados están relacionados principalmente con la primera etapa de la reacción de biodegradación, el ataque inicial en la molécula de ABS que lo hace desaparecer en un grado tal que dicho ataque puede ser detectado por medidas de espuma, surfactancia, o análisis de azul de metileno. La investigación de los pasos posteriores está limitada por dificultades

analítica.

Ryckman y Sawyer concluyeron que los ABS de cadena recta, ya sean primarios (unión del fenilo en el final de la cadena) o secundarios no terminales) — fueron completamente degradados en todos activos en base a :

- i) Liberación cuantitativa del grupo sulfonato como ión sulfato libre.
- ii) Oxígeno consumido aproximado a la cantidad teórica requerida en — pruebas de BOD y Warburg.
- iii) Un espectro de infrarrojo sustancialmente idéntico al del control, — preparado solamente con nutriente.

Ryckman ha propuesto un mecanismo para la biodegradación de los ABS secundarios de cadena recta, involucrando ataque oxidativo al final de la cadena, β -oxidación en la cadena y degradación del anillo. Había evidencia de resistencia temporal en una etapa intermedia cuando el grupo carboxilo está — en el primero o segundo carbonos después del anillo.

Más recientemente, se ha aplicado la técnica de desulfonación para convertir los intermediarios no volátiles, a productos de más fácil detección y — medición. Los cromatogramas de gases en la Fig. 14 muestran etapas sucesivas en la degradación de ABS secundarios de cadena recta, de 12 átomos de — carbono. Al desaparecer el pico del ABS inicial, aparecen otros nuevos debidos a los productos intermedios de degradación; estos también desaparecen al proseguir la degradación.

Los picos largos de hexano fueron del solvente usado.

Los tres picos transitorios prominentes son debidos a los productos de — β -oxidación en los cuales el grupo carboxilo está a una distancia de 2 o 3 átomos de carbono del anillo benzénico.

Se ha demostrado la presencia de los primeros productos de β -oxidación en — la degradación del 2-fenil dodecano sulfonato en cultivos de bacterias más concentrados (pequeñas cantidades de ácidos fenil dodecanoico y fenil decanoico, y cantidades mayores de C_6 y C_8 .

Parece por tanto que la biodegradación de estos surfactantes se lleva a — cabo por los caminos ordinarios de metabolismo bacteriológico.

D.— TOXICIDAD .

No es posible dar un valor límite de toxicidad debido a que los seres vivos presentan sensibilidades variables a los efectos de los detergentes, aún — dentro de la misma especie. Por otra parte la sensibilidad o resistencia — varía de acuerdo al ciclo de vida, el tamaño de los organismos y los facto-

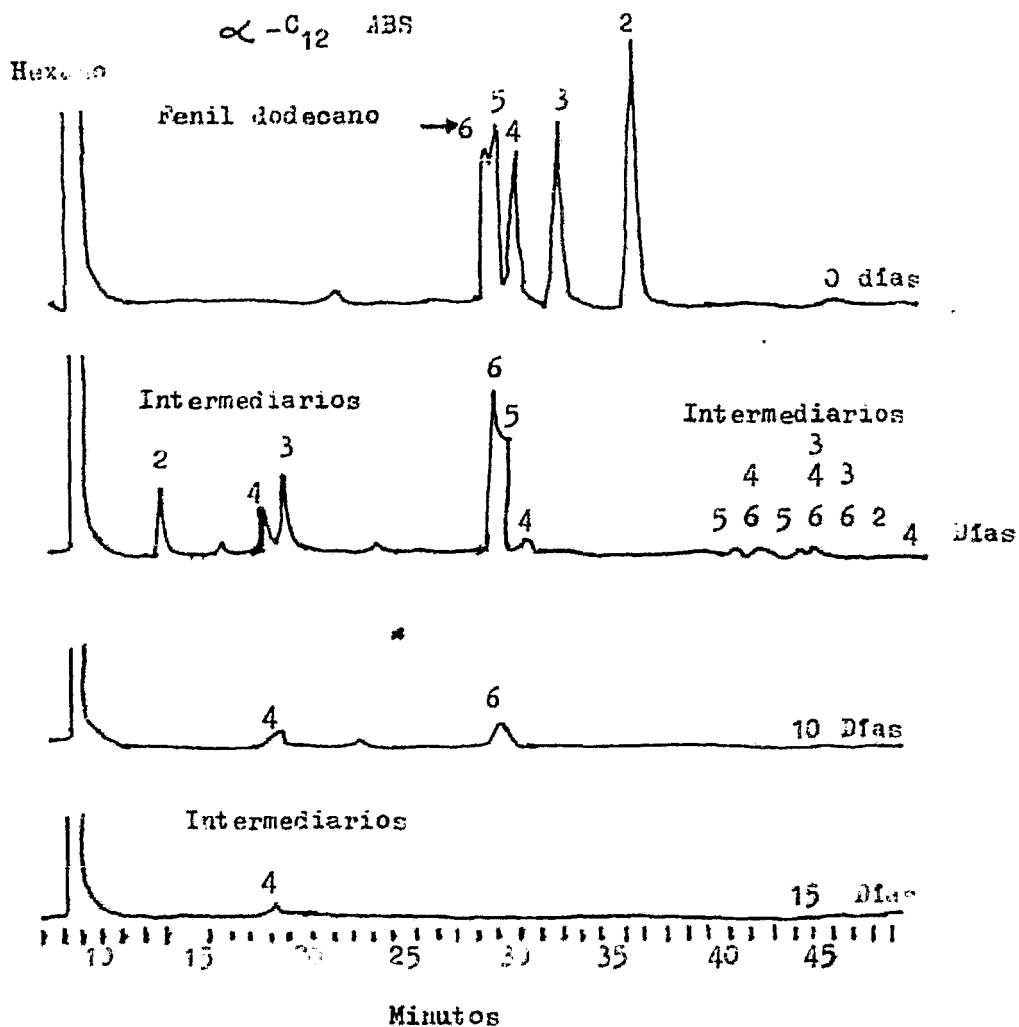


Fig. 14 Degradación de alfa-dodeceno ABS en el agua de río (Concentración inicial 5 ppm).

res físicos del medio ambiente.

Sin embargo, la toxicidad de los surfactantes representa un serio peligro a la flora y fauna acuática además, al utilizar aguas que contengan detergentes para irrigación, pueden contaminar los suelos y por consiguiente los cultivos.

En estudios hechos sobre detergentes llevados a cabo en la Facultad de Ingeniería de la UNAM, encargados por la Comisión Hidrológica de la Cuenca del Valle de México, se comprobó que a los peces los afecta cuando se hallan presentes en más de 5 mg/lt ya sea sin o con enzimas, en este último caso, en la proporción que comercialmente constituyen los denominados biológicos. Este daño se debe principalmente a la propiedad de los detergentes de abatir la tensión superficial, del agua y no poder extraer de ella el oxígeno por fricción en las agallas.

Estudios comparativos hechos en Alemania de los efectos producidos por el ABS fresco y los residuos de ABS. A concentraciones de 21.3 ppm obtuvieron 100% de reacción en menos de 21.0 horas, en ABS fresco. Con los residuos de detergente no se produjo ninguna reacción aparente con la misma concentración. No obstante en otro estudio hecho en el mismo país, se llegó a la conclusión de que el ABS actúa no solo como compuestos mortíferos sino que ejerce efectos dañinos en peces en dosis subletales. El ABS en concentraciones de 5 ppm provocó la inmovilidad del 25.8% de espermatozoides de truchas, mientras que a 10 ppm el efecto se incrementó a 32.9%. En una solución de 20 ppm murieron aproximadamente el 50% de los huevos fertilizados en los primeros días después de la fecundación, y en una solución más débil (5 ppm) aproximadamente el 50% murieron después de 3 semanas. Después de cinco semanas de contacto con la solución, todos los huevos murieron. Cuando los peces pequeños fueron expuestos a cantidades subletales de detergentes su crecimiento fue seriamente afectado. Además las dosis subletales de detergentes facilitaron las condiciones para el desarrollo de parásitos de la piel y otros organismos patógenos. La presencia de los detergentes en cantidades subletales afecta asimismo el sabor del pescado.

Los detergentes desechados por una industria a un río en los Estados Unidos de Norteamérica, originaron que varios patos no pudieran sostenerse a flote y murieran ahogados, la causa fue otra propiedad de los detergentes, haber emulsionado la grasa del plumaje con el agua humedeciéndolo.

Los animales superiores están dotados de un instinto por el cual dejan de --

comer o beber un alimento o líquido que les pueda dañar.

Sin embargo como el ganado ribereño al río Pánuco sacia su sed ingiriendo - aguas altamente contaminadas, se investigó en la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM el efecto que pudiera tener en los becerros. Para ello se sometieron varios animales a dosis de hasta 150 mg/lit de detergente en agua de bebida. Lo notable del caso fue que los becerros que tomaban agua con dosis entre 20 y 70 mg/lit registraron un desarrollo aunque ligero, pero mayor que el testigo (0 mg/ml).

Aunque antes de darles de beber está agua, la orina y heces fecales ya acaban detergentes, el alimento que recibían, comprobado posteriormente, ya contenía detergente.

Una concentración de 0.5 ppm de ABS en agua potable, tomando como base que un adulto humano toma dos litros de agua al día debe dar un factor de seguridad muy amplio de acuerdo a los resultados de experimentos subcutáneos y de dietas conteniendo ABS que fueron realizados en ratas en un período de dos años, en Estados Unidos de Norteamérica. En estos estudios se encontró que niveles de ABS de 0.5% y menores, no se produjeron reacciones fisiológicas, biológicas o patológicas notables. Experiencias realizadas en humanos (6 sujetos), con dosis orales de 100 mg de ABS purificado (equivalente a dos litros de agua conteniendo 50 ppm de ABS), diariamente por cuatro semanas, no produjeron ninguna reacción significativa.

En estudios realizados en Polonia, se llegó a la conclusión de el ABS, en concentraciones de 50 a 280 ppm, inhibe la germinación y crecimiento de semillas de frijol, coles, amapolas, avena y maiz. En Alemania no exceden de 40 mg de detergente por m² de terreno de cultivo en el riego, ni de 15 gramos por m² de terreno como dosis anual.

En el Valle del Mesquital que ha sido regado desde principios de siglo con aguas negras provenientes de la Ciudad de México, independientemente de la contaminación, ha sido la causa de formar " suelos " que varían de 10 a 50 centímetros de espesor, que son capaces de sostener cultivos.

En años anteriores los ejidatarios se quejaron de un bajo rendimiento en sus productos, relacionándolo con la aparición de espuma en las aguas del Gran Canal del Desagüe. Al estudiarse en la escuela Nacional de Agricultura este fenómeno, quedó al descubierto que el detergente en si no causa efectos notables en los cultivos durante su desarrollo ni en su productividad. Aún cuando no se tiene un fundamento estadístico de importancia, se dedujo

que el frijol asimila parte de los productos ionizados del detergente como sulfatos de sodio.

El peligro de la contaminación bacteriológica de los productos cultivados con aguas negras disminuye con las precauciones y detalles de lavado.

De estudios realizados en la Facultad de Ingeniería de la UNAM parece ser que la contaminación es de tipo superficial; la suposición la apoya el hecho de que la totalidad de las pruebas realizadas en jitomate, dieron resultados libres de contaminación, sin embargo debe tenerse presente que productos semejantes se ven altamente alterados cuando los insectos deterioran su cubierta protectora.

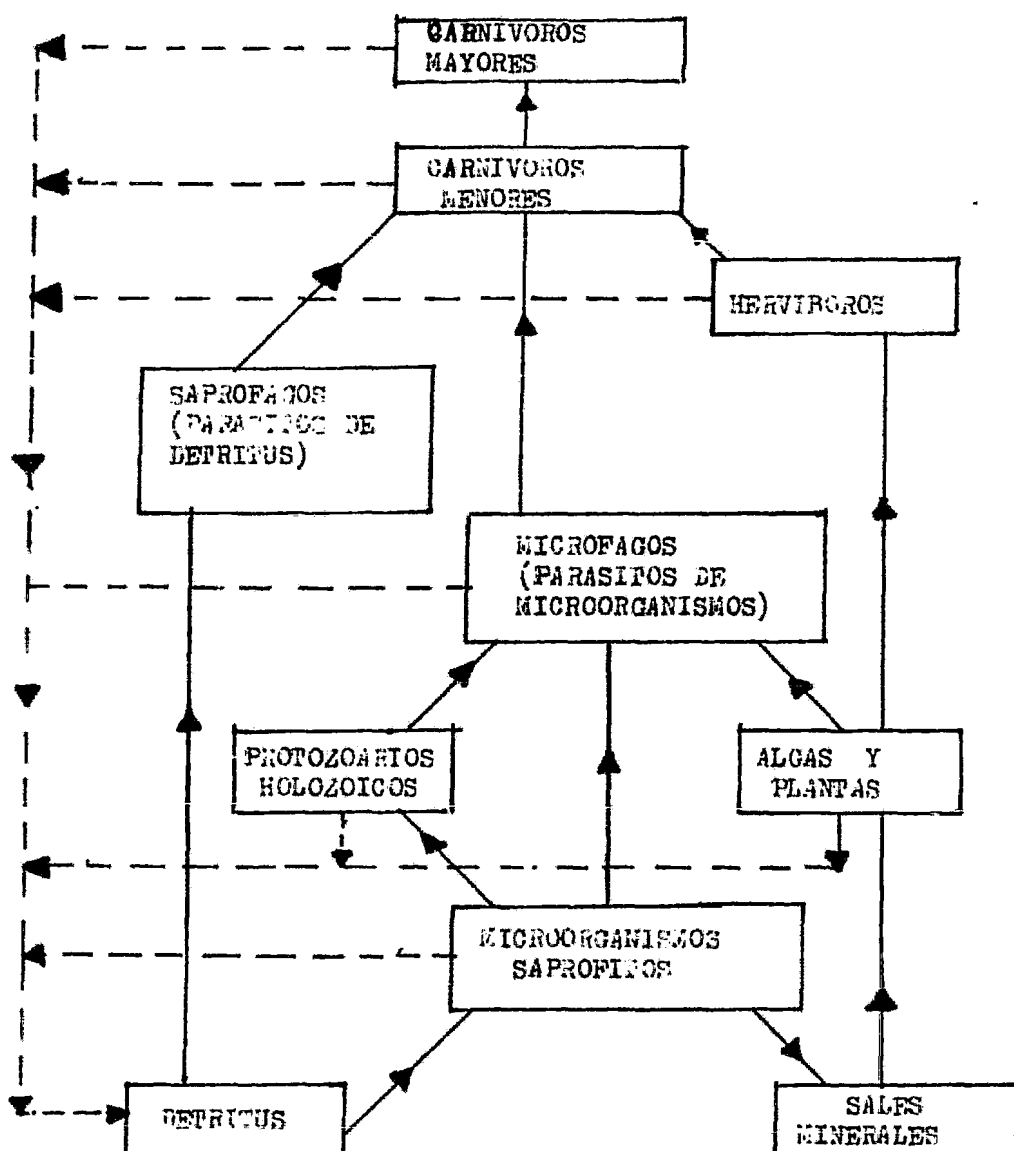
En Alemania Occidental venden legumbres cultivadas con aguas negras, con 30% de descuento en el precio, en la Ciudad de México casi todas las verduras deberían tener esa rebaja.

Sometidas a cocción se anula la contaminación y solamente, aunque no todos los casos, se mantiene el *Clostridium perfringens*.

EFFECTO DE LOS DETERGENTES EN LOS PECES

Dosificación ABS	Notas
0.5 ppm	Después de 2 horas de contacto no se apreció afectación.
1.0 ppm	Después de 2 horas de contacto se aprecian sus movimientos más lentos.
2.0 a 4.0 ppm	Después de 20 minutos se advierte cierta intranquilidad. Reaccionan violentamente a objetos extraños. Después de 2 horas sus movimientos son lentos y pierden interés a los cuerpos extraños.
5.0 ppm	Mueren en 10 minutos.

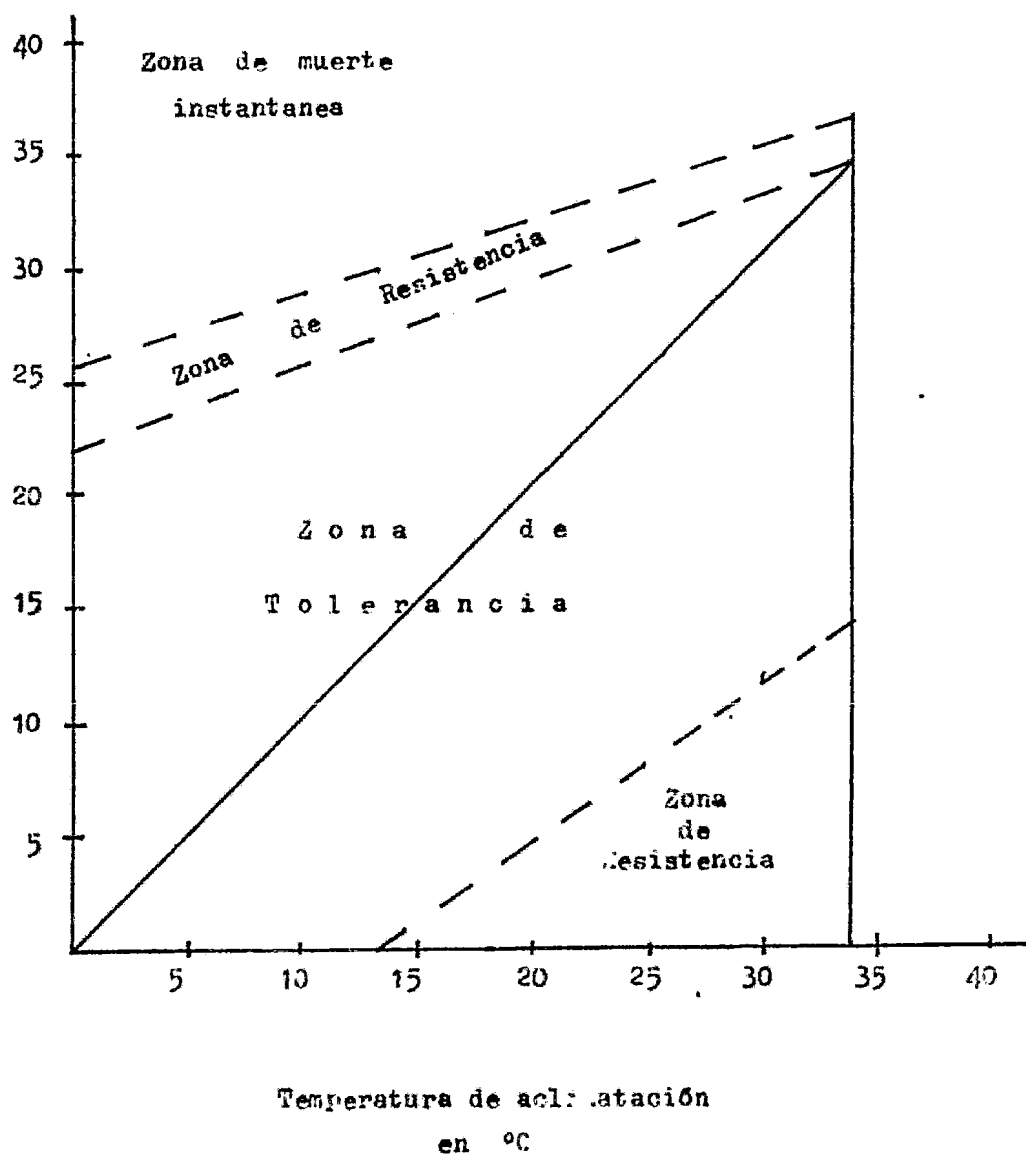
Ciclo teórico de alimentación en un medio acuático aislado .



———— SINTESIS

----- FUENTE Y PRODUCTOS DE DESHECHO

relación termica de los peces (*Rutilus rutilus*). A. W. Cocking
(1959)



VALORES DEL pH PARA EL DESARROLLO DE VARIOS MICROORGANISMOS.

Organismo	Límites de desarrollo pH	Valor óptimo pH
Bacterias en general:		
B. Coli	4.4 - 7.8	6.5
B. Píocianeam	5.6 - 8.0	6.8
B. Subtilis	4.5 - 8.5	6.7
B. Tuberculosis	4.5 - 8.0	6.0 - 6.5
B. Disenteriae	5.5 - 8.5	7.3
B. anthracis	6.0 - 8.5	7.2
Vibrio Cholerae	6.4 - 7.9	7.2
Streptococci	5.5 - 8.0	6.5
Bact. anaerobias	5.0 - 9.0	6.0 - 8.2
Bacterias nitrificantes:		
Nitrosomas	3.9 - 9.7	7.7 - 7.9
Nitrobacter	3.9 - 13.0	6.8 - 7.3
Azotobacter	5.6 - 9.2	6.5 - 7.8
Bacterias de azufre:		
Tiobacillus dentrificans	3.5 - 10.8	7.0 - 4.0
Tiobacillus tio-oxidans	1.0 - 6.0	2.0 - 4.0
Bacterias filamentosas:		
Sphaerotilus natans	6.0 - 8.8	7.0 - 8.0
Hongos:		
Aspergillus niger	- -	1.7 - 7.7
Fusarium redolens	3.0 - 10.0	5.0
Protozoarios:		
Paramecium	3.3 - 9.0	7.0 - 7.4
Colpidium	3.3 - 9.0	7.0 - 7.4

CANTIDADES DE ABS (ppm) ENCONTRADAS EN LOS EXCREMENTOS DE LOS BECERROS (2 g.
en 80 ml de agua destilada).

Becarro Nº	Dosifi- cación	F e c h a d e m u e s t r e o															Pro- medio
		11- XI	1º XII	8- XII	18- XII	7-I 1970	20-I	10-II	24-II	3-III	10- III	17- III	31- III	6- IV	21- IV	4-V	
625	0	0.9	1.9	6.3	6.0	12.1	19.4	21.2	13.0	7.8	16.0	1.8	7.0	1.9	1.4	16.8	8.9
619	20	9.1	4.0	5.3	1.3	17.3	17.2	12.0	24.4	24.4	38.8	0.6	6.5	0.3	0.3	12.6	11.6
624	20	5.7	2.9	5.7	7.4	20.0	13.6	25.2	10.0	30.4	15.0	8.0	-	-	-	-	13.1
627	70	-	0.0	4.7	4.7	13.3	17.3	30.1	44.8	23.2	32.6	16.0	7.5	1.4	10.0	23.0	16.9
620	150	6.7	5.3	7.1	5.7	7.0	3.4	19.4	21.2	20.2	32.6	26.2	10.0	7.5	16.2	8.6	13.1
628	150	2.3	0.9	5.0	5.0	5.5	6.5	32.2	35.6	7.8	22.2	29.4	1.9	5.4	11.6	17.8	12.6

CANTIDADES DE ABS (ppm) ENCONTRADAS EN LAS ORINAS DE LOS BECERROS

Becerro Nº	Dosis oación	Fecha de muestreo														Pro- medio	
		11- XI	1º XII	8- XII	18- XII	7-I 1970	20-I	10-II	24-II	3-III	10- III	17- III	31- III	6- IV	21- IV		4-V
625	0	16.3	7.7	7.1	12.2	-	12.9	-	-	-	-	-	17.8	14.2	-	28.4	14.5
619	20	15.6	9.1	5.0	10.1	-	7.4	-	-	-	-	-	19.4	17.3	-	34.6	14.8
624	20	16.3	11.9	5.7	10.9	-	11.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.2
627	70	16.7	-	5.7	15.0	-	12.2	-	-	-	-	-	25.0	22.4	-	22.2	17.0
620	150	18.3	1.5	7.1	13.6	-	12.2	-	-	-	-	-	24.5	21.9	-	35.6	16.8
628	150	17.7	14.6	7.7	16.7	-	15.6	-	-	-	-	-	29.7	16.3	-	32.4	18.8

PESO EN KILOGRAMOS DE LOS BECERROS

Fecha de pesada	Becerro No.						(Dosis de ABS en ppm)
	619 (20)	620 (150)	624 (20)	625 (0)	627 (70)	628 (150)	
10-X-69	60	69	73	67	62	64	
20-III-70	162.5	157.5	176	173	185	150	
17-IV-70	197	178	-	196	207	176	
24-IV-70	210	191.5	-	206	219	188.5	
11-V-70	222	184	-	210	227	190	
18-V-70	235	200	-	220	243	208	

**PROMEDIO E INCREMENTOS DE ALPURA EN LAS PLANTAS DE FRIJOL PARA LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS DE DETERGENTE**

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 18-VII-69	Ultima medición, en cm 27-IX-69	Incremento, en cm
	Testigo	42.87	55.62	12.95
Comercial sin enzimas	10	38.50	48.00	9.50
	30	33.12	41.00	7.88
	50	33.57	42.75	9.38
	70	36.00	45.62	9.62
Comercial con enzimas	10	36.75	45.37	8.62
	30	37.12	46.25	9.13
	50	35.75	45.50	9.75
Técnico sin enzimas	30	35.37	41.37	6.00
Técnico con enzimas	30	43.87	51.37	7.50

PROMEDIO E INCREMENTOS DE ALTURA EN LAS PLANTAS DE ZANAHORIA PARA LOS DIFE--

RENTES TRATAMIENTOS DE DETERGENTE

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 18-VIII-69	Ultima medición, en cm 27-IX-69	Incremento, en cm
	Testigo	10.37	24.75	14.38
	10	14.37	28.00	13.63
Comercial sin enzimas	30	12.35	24.00	11.75
	50	14.75	27.12	12.37
	70	16.25	25.62	9.37

**PROMEDIO E INCREMENTOS DE ALTURA EN LAS PLANTAS DE CEBADA PARA LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS DE DETERGENTE**

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 18-VII-69	Ultima medición, en cm 27-IX-69	Incremento en cm
	Testigo	30.25	51.37	21.12
	10	29.50	51.37	21.12
Comercial sin enzimas	30	29.47	51.00	21.53
	50	31.00	53.00	22.00
	70	27.75	50.50	22.75
Comercial con enzimas	10	28.50	52.50	24.00
	30	28.50	52.62	24.12
	50	30.62	51.50	20.88
Técnico sin enzimas	30	30.12	52.75	22.63
Técnico con enzimas	30	28.87	50.25	21.38

PROMEDIO E INCREMENTO DE ALTURA EN LAS PLANTAS DE LECHUGA PARA LOS DIFERENTES

TRATAMIENTOS DE DETERGENTE

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 26-VIII-69	Ultima medición, en cm 27-IX-69	Incremento en cm
	Testigo	8.25	17.37	9.12
	10	6.00	17.50	11.50
Comercial sin enzimas	30	7.62	18.75	11.13
	50	7.25	18.37	11.12
	70	7.37	17.62	11.25
Comercial con enzimas	10	6.50	17.50	11.00
	30	7.87	19.00	11.13
	50	5.62	17.87	12.25
Técnico sin enzimas	30	6.00	17.50	11.50
Técnico con enzimas	30	7.37	16.87	9.50

**PROMEDIO E INCREMENTOS DE ALTURA EN LAS PLANTAS DE AVENA PARA LOS DIFERENTES
TRATAMIENTOS DE DETERGENTE**

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 18-VII-69	Ultima medición en cm 18-IX-69	Incremento, en cm
	testigo	44.75	75.12	30.37
	10	45.12	73.62	28.50
Comercial sin enzimas	30	44.62	79.12	34.50
	50	44.25	79.25	35.00
	70	43.25	73.62	30.37

**PROMEDIO E INCREMENTOS DE ALTURA EN LAS PLANTAS DE Jitomate PARA LOS DIFEREN-
TES TRATAMIENTOS DE DETERGENTE**

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Primera medición, en cm 18-VIII-69	Ultima medición, en cm 18-IX-69	Incremento, en cm
	Testigo	12.12	35.00	22.88
	10	11.87	34.50	22.63
Comercial sin enzimas	30	12.75	38.75	26.00
	50	12.25	33.12	20.87
	70	12.75	38.50	25.75

RENDIMIENTO PROMEDIO Y RELATIVO DE MATERIA FRESCA Y SECA DE ZANAHORIA, AL VARIAR LA CONCENTRACION
DE ABS EN EL AGUA DE RIEGO, EN CONDICIONES DE INVERNADERO .

Tipo de detergente	ppm de ABS en el agua de riego	Materia fresca, en gr.	Materia seca, en gr.	Rend. rel. M. F. %	Rend. rel. M. S. %
	Testigo	53.52	8.05	100	100
	10	59.12	8.75	110	109
Comercial sin enzimas	30	54.80	7.52	102	93
	50	60.92	7.95	114	99
	70	65.85	8.82	106	109

RENDIMIENTO PROMEDIO Y RELATIVO DE MATERIA FRESCA Y SECA DE JITOMATE, AL VARIAR LA CONCENTRACION DE
 ABS EN EL AGUA DE RIEGO, EN CONDICIONES DE INVERNADERO .

Tipo de detergente	ppm de ABS en el H ₂ O de riego	Materia fresca, en gr.	Materia seca, en gr.	Rend. rel. M. F. %	Rend. rel. M. S. %
	Testigo	54.87	5.60	100	100
	10	30.50	4.75	56	85
Comercial sin enzimas	30	43.95	5.42	80	97
	50	53.72	7.45	98	133
	70	75.57	6.82	138	122

E.- CONTAMINACION POR DETERGENTES .

Se entendera por contaminación la alteración de las características físicas, químicas o biológicas de las aguas, motivada por la descarga de líquidos, gases o sustancias sólidas, de manera tal que las hagan peligrosas para la salud del hombre, y para las formas acuáticas de vida o, las hagan inapropiadas para los usos domésticos, pecuarios, agrícolas, industriales y recreativos. Es conveniente aclarar sin pretender hacer un motivo de discusión sobre la interpretación semántica de los vocablos, que en algunos países — entre ellos los anglo-sajones que tienen una tecnología más avanzada y mayor experiencia en este campo emplean el término "polución" como expresión genérica de cualquier proceso de degradación, dejándose a la palabra "contaminación" el significado restringido a un estado de polución capaz de generar un proceso patológico.

La denominación genérica de (hombre), implica contaminación del medio ambiente ya que su agrupación y variadas actividades traen como consecuencia una serie dinámica de transformaciones ecológicas que, inclusive, ponen en peligro su propia existencia. La contaminación del agua es el precio del proceso de desarrollo económico del país. Su detección y estudio es un problema técnico factible de abordar, siempre y cuando se disponga de suficiente apoyo económico.

El agua es parte integrante del medio en el que el hombre desarrolla sus actividades, por tanto no debe considerarse friamente como un simple manto subterráneo, un cauce, un lago o un mar, vistos, desde un punto de vista geológico, topográfico o geográfico, sino como un ser viviente, con energía, con movimiento y cambios, ya que en ocasiones toma los derroteros que el hombre le imprime, para lograr de él su mejor aprovechamiento.

El agua sea superficial, litoral o subterránea, estática o en movimiento, ha sido motivo de inspiración y elemento de beneficio y provecho humano, pero también puede transformarse en un vehículo mortal si no se le cuida.

El crecimiento y el desarrollo del hombre a estado íntimamente unido a los cursos del agua.

Las corrientes, lagos y mares han sido sus vías de transporte, sus fuentes de alimento y aprovisionamiento de agua, y forman parte también de su cultura, leyenda e historia.

El hombre requiere inevitablemente del agua para subsistir y para mejorar —

su nivel de vida y economía, recurre a su empleo para obtener los productos agrícolas que le permitan subsistir, también toma de ella sus productos animales necesarios para su supervivencia y en ocasiones la maneja como materia prima o factor de producción para elaborar variados artículos en los crecientes complejos industriales.

Al disfrutar de un descanso, el agua le sirve de solaz y esparcimiento cuando trata de mitigar las fatigas del arduo trabajo.

Los detergentes sintéticos los indegradables, los ABS, utilizados exclusivamente en México. En su papel de depresores de la tensión superficial, no solo propician la dispersión de las partículas de suelo sino que hacen penetrar o infiltrar las aguas a mayor profundidad, a horizontes donde no existe un cultivo que pueda aprovechar la humedad. Ya no deben ser perniciosos los detergentes indegradables que con su persistencia, acarrearán problemas y causan daños; es ingente su eliminación del mercado y su substitución por otros que respondan mejor al tratamiento biológico.

En vez de degradar la mentalidad pública con una insulsa y estúpida publicidad, que agobia y repugna a la gente sensata, deberían prepararse detergentes degradables, no como algo compulsorio tras la demora de las triquiñuelas legales, sino como algo espontáneo con lo que se demostraría el respeto que merece el país y el afán de dignificarlo.

La urbanización y la industrialización plantean nuevos problemas de contaminación, los efluentes industriales tienen composición muy variada: ácidos, alcalis, aceites, productos químicos orgánicos e inorgánicos, detergentes sintéticos, etc.

Con respecto a la contaminación del agua hay otras formas indirectas como se afecta la salud humana. También en el agua la oxidación de la materia orgánica, mediante diversos microorganismos depende del oxígeno en solución el cual procede de la atmósfera y de la fotosíntesis de vegetales acuáticos; cuando el coeficiente de oxidación es mayor que el de dilución; la concentración de oxígeno declina, lo que repercute en la sobrevivencia, reproducción, crecimiento y movimiento de la población de peces y de diversos organismos vivientes de interés para la nutrición y la economía humana.

A este resultado se ha llegado en ocasiones después de avenar a colecciones de aguas, las aguas negras domésticas sin tratamiento.

Las sustancias putrescibles orgánicas, introducidas en el agua, constituyen fuente de energía para organismos heterótrofos como el *Sphaerotilus natans*, que pueda volver los fondos inútiles para sus habitantes naturales.

El tratamiento secundario de estos desechos, reduce las cantidades de materia orgánica y por ello la proliferación de esos organismos, pero no evita la proliferación de nitratos, fosfatos y sustancias orgánicas en descomposición que incrementan la proliferación de organismos autotrofos en presencia de CO_2 , lo que conduce, en lagos, estuarios y ríos a invasiones de algas que convierten el ambiente, en medio peligroso para algunas especies valiosas, lo que también afecta la nutrición y la economía humana.

Otros problemas derivados del uso de los detergentes son :

1.- Espumaje.- El agente surfactante más ampliamente usado en los detergentes domésticos actualmente es la sal de sodio de alquil-bencén-sulfonato (ABS), que se deriva de un alquil benceno, cuya cadena lateral es un tetrapropileno. Esta sustancia no es removida totalmente por los procesos usuales de tratamiento de aguas negras y no es degradado totalmente por el proceso de rompimiento natural oxidativo por bacterias en agua de río, provocando formación de espuma especialmente en cascadas y ríos. Sin embargo, se dice que previamente a la generalización del uso del ABS, las plantas de tratamiento de aguas negras con frecuencia experimentaban la formación de espuma. Esto se debe a otras sustancias orgánicas proteínicas que presentan un efecto de disminución de la tensión superficial. Por lo tanto, aunque el ABS es un contribuyente significativo a la formación de espuma, en realidad no es el único.

El ABS es degradado aproximadamente en un 60% en los procesos de depuración primario y secundario de aguas negras. Sin embargo esta degradación ocurre lentamente, por lo tanto existen cantidades medibles (del orden de ppm) en los efluentes de las plantas de tratamiento que entran a los ríos.

Además de los problemas presentes en las aguas superficiales aquellas corrientes y ríos que reciben la descarga de las plantas de tratamiento de aguas negras, existen problemas en las aguas subterráneas, como se definen los depósitos de agua en estratos de grava y/o arena, a varias profundidades

bajo la superficie del suelo.

En algunos lugares de Estados Unidos la contaminación de — las aguas subterráneas por ABS y otros contaminantes ha ocurrido en tal grado, que en algunos casos el agua de pozos — poco profundos ha tendido a espumar al sacarse del tinaco de la casa.

Esta tendencia al espumaje es antiestética, no es agradable su presencia. Pero lo importante es que pone de manifiesto — el hecho de que un efluente de aguas negras ha entrado en — contacto con la fuente de agua de aprovisionamiento y ocurre una contaminación considerable.

Los tanques sépticos resultan unas unidades de tratamiento muy ineficiente, y pueden eliminar solo una cantidad pequeña de toda la contaminación presente. La experiencia a demostrado que cuando el efluente se descarga en un suelo arenoso, el ABS y otros contaminantes, pueden filtrarse a los mantos de agua de aprovisionamiento.

2.- Efectos en el sabor y olor del agua.— En trabajos llevados a cabo en — Estados Unidos por agencias de gobierno y por asociaciones — privadas, se ha puesto de manifiesto, que la concentración — máxima antes de ser notado el sabor del ABS es del orden de 16 ppm para individuos de paladar muy sensitive, y el nivel — necesario para que se note su olor es considerablemente alto. Estas concentraciones son muy superiores a las que normalmente son de esperarse en las aguas de consumo. En E.U.A., el — nivel superior de concentración de ABS permitido en aguas potables es de 0.5 ppm .

3.- Eutroficación.— Los detergentes presentan un alto contenido de fosfatos los cuales son nutrientes, por lo que su presencia provoca — una sobrepoblación de la flora acuática, la cual al morir, — sufre una acción degradativa microbiana, ocasionando una mayor demanda de oxígeno, que perjudica a la fauna y al propio cuerpo de agua.

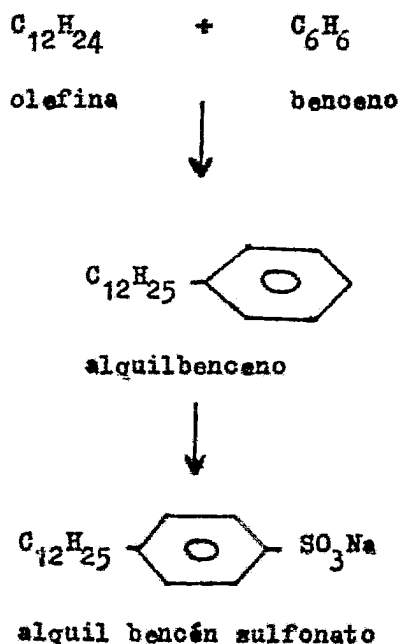
C A P I T U L O I I I

III.- METODOS DE PRODUCCION .

Los surfactantes de la clase de alquilbencénsulfonatos consisten esencialmente de un núcleo aromático enlazado por un lado a una cadena de hidrocarburo y, en el otro lado a un grupo sulfonato.

La primera función de el núcleo aromático es para proveer un sitio estable para una sulfonación fácil, la cadena hidrocarbonada es resistente a una sulfonación directa excepto en posiciones especiales. Sin embargo el núcleo aromático forman una parte integral de el grupo hidrofóbico, y las propiedades de la actividad superficial de la sustancia son gobernadas por el tamaño total de ese grupo.

El proceso químico de obtención del ABS es el siguiente:



El proceso comercial principal incluye la alquilación de benceno con una olefina para dar el alquil benceno, seguido por la conversión a sulfonato por ácido sulfurico u oleum .

El ABS no es una entidad química única, sino que forma una familia muy amplia de ellas. Calculos hechos muestran que al aumentar el número de átomos de carbono del grupo alquilo del alquilbenceno, el número de isómeros estructurales posibles (sin tomar en cuenta los estereoisómeros), aumen-

ta enormemente rápido.

Carbonos	Isómeros
10	507
11	1238
12	3057
13	7639
14	19241
15	48865

Por lo tanto, son posibles alrededor de 30,000 isómeros de alquil bencenos en el rango $C_{10} - C_{15}$.

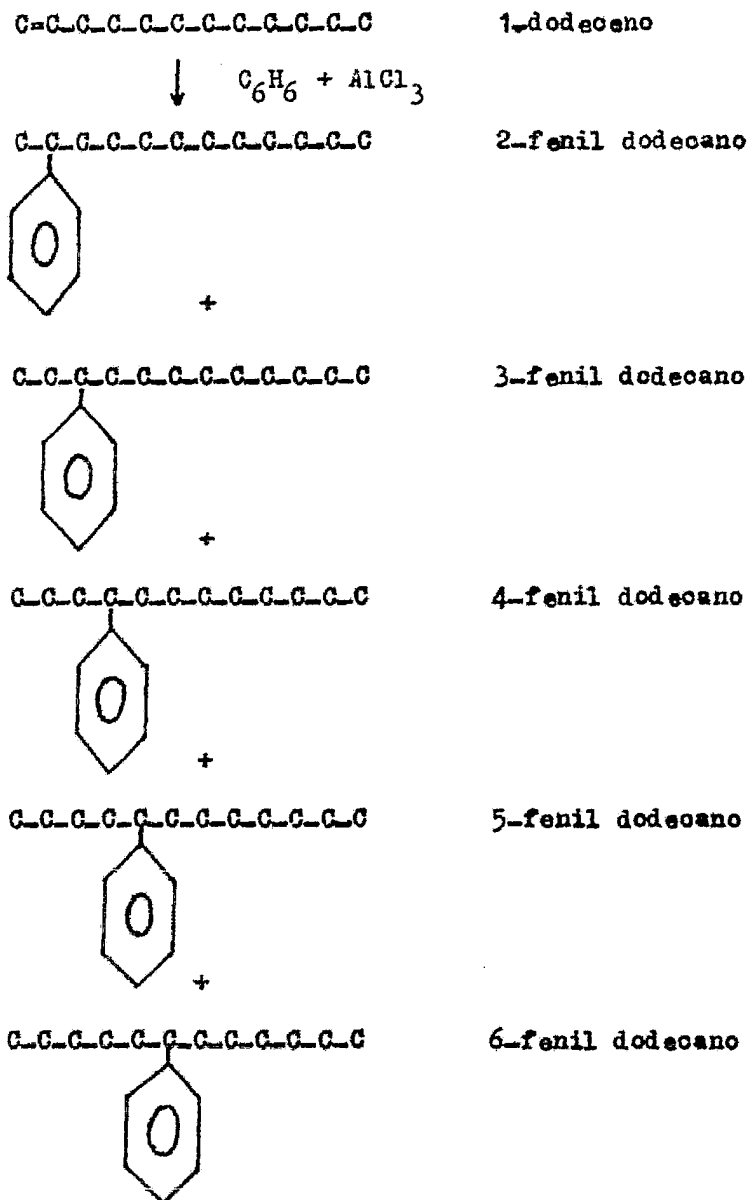
El alquilbenceno comercial que se usa actualmente es derivado del tetrapropileno el cual es preparado de la siguiente manera. El propileno producido por el cracking catalítico del petróleo es inyectado en una cámara catalizadora conteniendo piedritas de cuarzo saturadas con ácido fosfórico, en donde la polimerización tiene lugar a 1000 lb/in^2 (70 kg/cm^2) y 200°C .

El propileno es polimerizado por un mecanismo que implica intermediarios iónicos, la adición de un protón de el catalizador hacia el propileno dan un ión carbonio que puede ser adicionado para moléculas sucesivas de propileno y, en consecuencia, una mezcla compleja de homólogos y isómeros es producida. El producto es fraccionado y la fracción del tetramero de propileno es aislada. El alquilbenceno contiene por lo menos de 75 a 100 componentes mayores detectables por cromatografía de gases, probablemente cientos de compuestos menores y algunos de estos son más resistentes al ataque bacteriológico que otros.

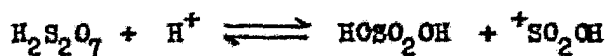
Por otro lado el alquil benceno de fácil biodegradación debe obtenerse de olefinas en las cuales predomine la cadena recta, por ejemplo; un compuesto representativo típico de esta clase, es el α -dodecano, y la mezcla obtenida en la alquilación es mostrada en la siguiente página.

Ocorre un rearrreglo que produce una mezcla de cinco isómeros con el benceno colocado en cualquier posición de la cadena; excepto en los dos últimos carbonos terminales. Este tipo de olefinas de cadena recta da una ventaja importante en el producto final del detergente que son mucho más fácilmente rotas completamente por la acción bacteriana en los sistemas de tratamiento de aguas de desecho y así es menos susceptible para dar un elevamiento a la espuma y los problemas de contaminación en los ríos etc. en

el que los efluentes tratados son descargados.



La sulfonación del alquil benceno puede ser efectuada por medio de ácido — sulfurico, oleum o trióxido de azufre. Varios mecanismos de reacción pueden ser postulados; como oleum, por ejemplo, tiene lugar como sigue:





Los análisis infrarrojos muestran esa sulfonación teniendo lugar casi completamente en la posición para.

Además de la reacción principal, varios lados de las reacciones pueden suceder, esto es formación de sulfona $R-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{C}_6\text{H}_4-R$, formación de anhídrido sulfónico $R-\text{C}_6\text{H}_4-\text{SO}_2-\text{O}-\text{SO}_2-\text{C}_6\text{H}_4-R$, oxidación del núcleo aromático, y oxidación del lado de la cadena.

En la práctica la formación de sulfona no usualmente supera el 1%, bajo condiciones apropiadas de sulfonación.

La pequeña cantidad de anhídrido sulfónico que es formado puede ser descompuesto con agua para dar los ácidos sulfónicos.

La oxidación de el núcleo aromático no comunmente sucede para un límite apreciable a no ser que dos cadenas alquil estén presentes.

La mayor parte de las reacciones de oxidación tienen lugar en átomos de carbono terciarios en los lados de las cadenas, y estos pueden llevar a la ruptura de la cadena, expulsión del protón y ciclización.

El lado de las reacciones se convierten en más importantes que las condiciones de sulfonación más vigorosa.

Para esas reacciones, cuando el trióxido de azufre es usado como un agente sulfonante esto es diluido con aire o dióxido de azufre o otros reactivos y una pequeña cantidad de ácido sulfúrico o fosfórico puede ser agregado a el hidrocarburo para reducir al mínimo la carbonización.

Para la misma reacción, la temperatura no puede ser permitida a exceder alrededor de 35°C, y agitación vigorosa de los reactantes puede ser suministrada.

El proceso de sulfonación puede ser llevado fuera del reactor o continuamente.

En un proceso típico en el horno, el trióxido de azufre diluido a una concentración de 10 a 15% con aire o dióxido de azufre es introducido en una agitación, la masa fría de alquilbenceno, y la temperatura son controlados de 30 a 35°C hasta que la cantidad requerida de trióxido de azufre puedan ser agregados.

el producto es diluido con agua y el ácido consumido es separado.

La operación continua de el proceso puede ser conseguido en varios tipos de equipo, pero el principio es usualmente como sigue: reactantes frescos son mezclados continuamente en un medio compuesto de material previamente reaccionando entre si, y esa masa es continuamente circulada a través de un intercambio de calor y una cámara de digestión, de donde parte del material es retornado a los reactantes frescos y parte es retirado para su neutralización.

Los ácidos sulfónicos son usualmente convertidos en sus sales de sodio con la adición de sosa caústica, con agitación vigorosa, uno u otre en un reactor o en un sistema operado continuamente. Para cierto propósito, sin embargo, estos son convertidos en sales de alcanolamina o sales de magnesio. Las sales de alcanolamina tienen la ventaja de muy alta solubilidad en agua.

C A P I T U L O I V

IV.- CANTIDADES Y COSTOS .

Los detergentes han venido desplazando a los jabones en el lavado en general; con excepción de los jabones de baño o de tocador.

Estos últimos han conservado su posición, ya que los detergentes tienden a desengrasar mucho la piel, además la pastilla de jabón es manuable y cómoda para usarse.

Los detergentes de mayor volumen son los sulfonatos de alquilbenceno, en particular el dodecil bencén sulfonato de sodio.

La producción de dodecil benceno que se hace apartir del petróleo tiene costos relativamente bajos y precios reducidos en relación con las materias primas para otros detergentes.

La desventaja principal de los detergentes a base de sulfonato de alquilbenceno es su baja biodegradabilidad especialmente cuando la cadena alquímica es ramificada.

Cuando el alquilo es lineal resulta un poco más fácil de degradar biológicamente. Estas características relativas a la contaminación de las aguas, se han regulado ya de manera estricta en algunos países industrializados.

Los detergentes sólidos con base en sulfonato de alquilbenceno se formulan con una proporción muy alta de tripolifosfato de sodio, del orden de 60%.

Este compuesto causa también contaminación en las aguas de desecho, que puede evitarse con un tratamiento adecuado. En la Fig. 15 el diagrama nos muestra las principales materias primas y tipos de surfactantes usados tanto en el mercado residencial como en el industrial .

El mercado total de surfactante en el país no se conoce porque la mayoría de los surfactantes de uso industrial los fabrican empresas químicas que elaboran especialidades, con formulaciones adecuadas al uso específico que se le dará al surfactante .

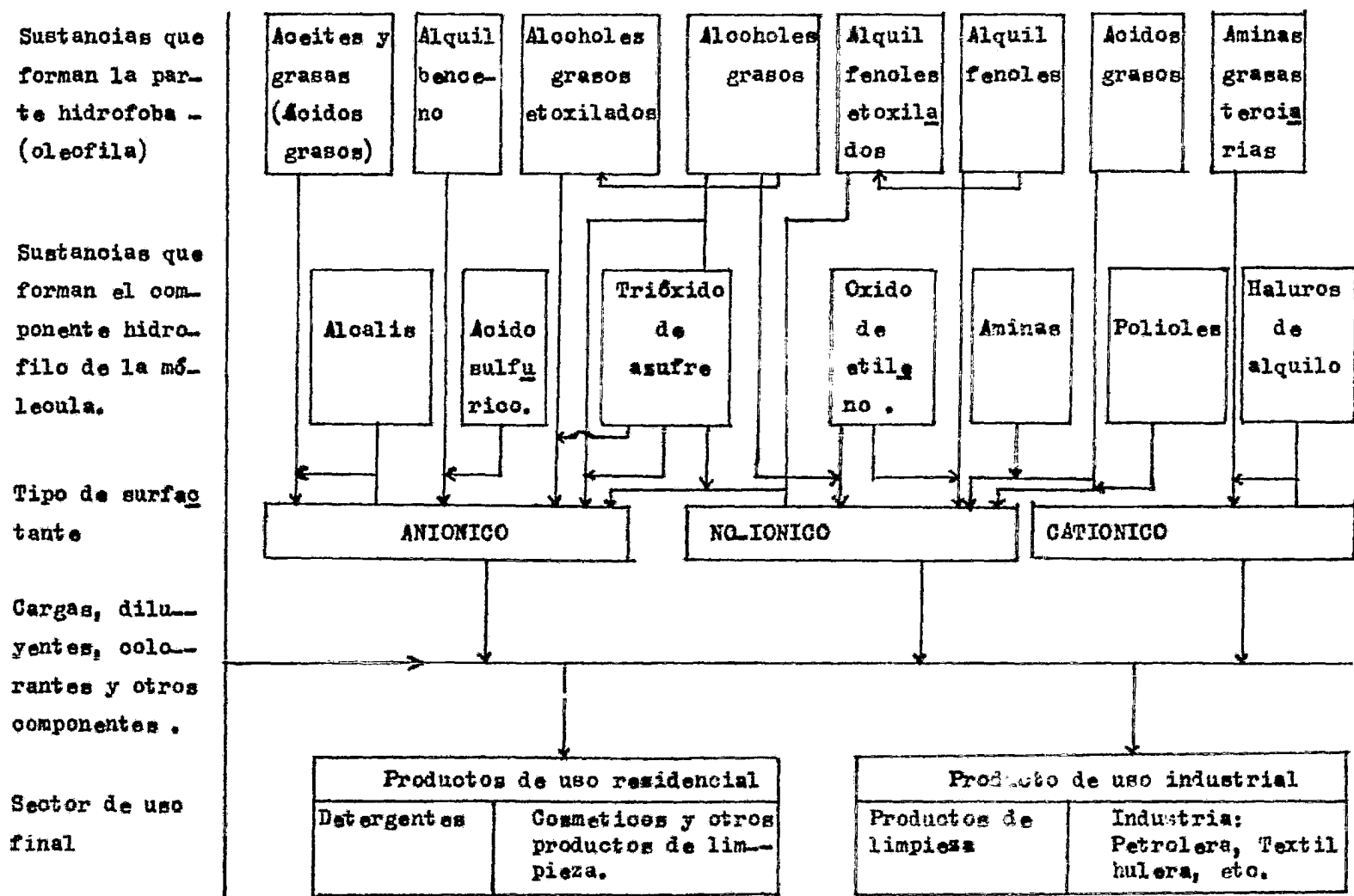
Muchas de las especialidades y aditivos tienen algún surfactante en su fórmula.

Se estima, sin embargo, que una tercera parte del total de surfactante se consume en la industria y dos terceras partes es uso residencial.

El mercado industrial incluye seguramente una parte de los detergentes sólidos a base de sulfato de alquil benceno, usado principalmente para detergentes residenciales.

El cuadro I y II muestra el volumen y el valor de los detergentes y jabones usados principalmente en el mercado residencial en los últimos años.

Fig. 15.- FLUJO DE MATERIAS PRIMAS EN LA COMPOSICION DE LOS SURFACTANTES PRINCIPALES .



CUADRO I.- CONSUMO APROXIMADO DE SURFACTANTE EN EL MERCADO RESIDENCIAL
1970 a 1976

Concepto	1970	1971	1975	1976	Incremento anual, (%)
volumen total, miles de toneladas	411	407	538	556	6.0
valor ^b total, millones de pesos	2048	2115	4591	5373	19.10
Detergentes sólidos, volumen	250	255	373	380	8.3
Detergentes sólidos, valor	1165	1256	2998	3377	21.4
Detergentes sólidos, pesos/kg	4.66	4.92	8.04	8.89	12.1
Jabón de lavandería, volumen	127	121	120	124	0.3
Jabón de lavandería, valor	483	493	794	1017	13.4
Jabón de lavandería, pesos/Kg	3.82	4.07	6.62	8.20	13.4
Jabón de tocador, volumen	34	31	45	52	8.3
Jabón de tocador, valor	398	366	799	979	18.4
Jabón de tocador, pesos/Kg	11.71	11.81	17.76	18.83	9.2

^a Incremento del promedio 1975/76, respecto al promedio 1970/71

^b A precios de fábrica.

CUADRO II.- PRODUCCION POR CLASE DE ACTIVIDADES Y
PRINCIPALES ARTICULOS DE
1980 - 1981

ENERO - DICIEMBRE

CLASE DE ACTIVIDAD Y PRINCIPALES ARTICULOS	Unidad	CANTIDAD		VALOR MILLARES DE \$	
		1980	1981 ^{P/}	1980	1981 ^{P/}
Fabricación de deter- gentes y otros produc- tos .				17670209	22155590
Detergente en polvo	Tonelada	519910	561062	8523255	10582450
Jabón corriente pa- ra lavar	"	129846	137011	2199246	2669224
Jabón de tocador	"	63823	75733	2275069	3017154
Polvos limpiadores	"	13367	13061	180802	244251
Otros jabones y detergentes	"	32348	34396	570237	640582
Glicerina	"	7035	6391	310473	314532
Blanqueadores liquidos	MILES DE lt	79659	81389	458770	653219
Detergentes liquidos	"	22397	30861	634356	1040481
Dentrificos	Tonelada	12297	13520	1089131	1186095
Otros	"			1428870	1804995

^PCifras preliminales incluyen datos revisados de ENERO - NOVIEMBRE .

De manera similar a otras industrias químicas ya bien establecidas y cimentadas, la del jabón a tenido en los últimos años una evolución con las siguientes características; que se muestran en el cuadro III y IV :

El número de establecimientos y el personal ocupado han disminuido.

Los activos tanto totales como fijos han crecido poco, incluso disminuyendo en terminos reales.

El valor de la producción mantuvo tasas de crecimiento relativamente altas.

Hay gran concentración del personal y del valor de la producción en las empresas más grandes.

Las características anteriores se refieren a la industria de jabones y detergentes de uso residencial, ya que los detergentes y demás surfactantes de uso industrial, los producen otro grupo de empresas químicas.

Estas intervienen muchas veces en la fabricación de aceites y grasas de uso industrial las que con frecuencia son materias primas de los surfactantes y también intervienen en la fabricación de especialidades y aditivos para usos industriales diversos.

Las industrias de surfactantes han tenido en los últimos años un importante desarrollo. La fabricación de jabones y detergentes para uso residencial creció.

Por otra parte, la fabricación de surfactantes de uso industrial es una actividad muy dinámica que realizan algunas empresas medianas y grandes que fabrican sus propias materias primas intermedias y que cuentan en muchas ocasiones con permisos petroquímicos. Además existen otras empresas pequeñas que se dedican a fabricar surfactantes y especialidades para determinados usos industriales. En los casos de los jabones y detergentes de uso popular y difusión masiva, las empresas que dominan el mercado son muy grandes con frecuencia de capital extranjero y con una tecnología en constante evolución. Esta tecnología se basa en estudios muy detallados de las necesidades y preferencias de los consumidores. Incluye variantes en el tipo de producción, en su presentación y en general en los diversos aspectos de la distribución y la comercialización. El importante desarrollo que han tenido los detergentes se basa en parte a la facilidad de obtener materias primas, muchas de ellas de origen petroquímico, a buen precio y fabricadas localmente.

CUADRO III.- ESTRUCTURA Y EVOLUCION RECIENTE DE LA INDUSTRIA DE JABONES
Y DETERGENTES .

Concepto	1970	1975	Incremento anual, %
Total en establecimientos, A	155	121	- 4.8
con menos de 6 personas, B	74	42	-10.7
con 6 y más personas, C	81	79	- 0.5
Personal ocupado en establecimientos, A	7738	6578	- 3.2
Personal ocupado en establecimientos, B	203	83	-16.4
Personal ocupado en establecimientos, C	7535	6495	- 2.9
Activo total en A ^a	1311	1877	7.4
Activo total en B ^a	20	2	-36.9
Activo total en C ^a	1291	1875	7.7
Activo fijo en A ^a	797	1072	6.1
Activo fijo en B ^a	6	1	-30.1
Activo fijo en C ^a	791	1071	6.2
Inversión fija anual A ^a	80	104	5.4
Inversión fija anual B ^a	1	-	-
Inversión fija anual C ^a	79	104	5.6
Valor de la producción, A ^a	2912	6486	17.4
Valor de la producción, B ^a	63	5	-39.7
Valor de la producción, C ^a	2849	6481	17.9
Producción por persona ocupada, A ^b	376	986	21.3
Producción por persona ocupada, B ^b	310	60	-30.0
Producción por persona ocupada, C ^b	378	998	21.4
Relación activo fijo a totalx100, A	61	57	-1.3
Relación activo fijo a totalx100, B	30	50	10.8
Relación activo fijo a totalx100, C	61	57	-1.3

a. Millones de pesos

b. Miles de pesos

Se trata de una industria muy competitiva y con tasas de crecimiento relativamente altas, con la excepción de los jabones de lavar, cuyo volumen a permanecido constante durante los últimos años en gran parte por la competencia de los detergentes.

No se dispone de información suficiente para determinar la tendencia — de los surfactantes de uso industrial, pero se trata de un mercado — más dinámico que el residencial.

**CUADRO IV.— ESTRUCTURA Y EVOLUCION DE LA INDUSTRIA
DE DETERGENTES Y JABONES.**

Concepto	1980	1981 ^{P/}
Personal ocupado promedio mensual	8649	8877
Número de establecimientos	44	43
Salarios, sueldos y prestaciones (millares de pesos)	1787871	2511311
Horas hombre trabajadas (millares ^{2/})	1125	1077
Valor de la producción (millares de pesos)	17670209	22155590

^{P/} cifras preliminares

^{2/} Promedio mensual

C A P I T U L O V

V.- METODOS DE CONTROL DE DETERGENTES .

(a) Métodos de análisis.

Los métodos descritos son generalmente aplicables, excepto en algunos casos para los principales detergentes y productos formulados como detergentes. Entonces el número de combinaciones de varios surfactantes es infinito, no es posible presentar un simple esquema analítico para identificar y determinar cada uno.

SEPARACION.

Para la identificación de los surfactantes en los principales detergentes - y productos formulados como detergentes una separación esquemática es necesaria.

Este método propuesto es aplicable para la mayor parte. Este comprende la extracción de detergente aniónico, catiónico y no-iónico con etanol.

Procedimiento.

Pesar una muestra que contenga de 4 a 5 g de detergente y transferirlo a un matraz bola de 100 ml. Adicionarle a la muestra 50 ml de etanol y ponerlo a reflujo durante $1\frac{1}{2}$ hora, con agitación constante. Pasado el tiempo de reflujo permitir la sedimentación, de la parte insoluble en etanol. Filtrar en un matraz o vaso apropiado, lavando la parte insoluble en etanol con etanol caliente (50 ml) para eliminar de la parte inorgánica toda la materia orgánica que se encuentra soluble en etanol. La parte soluble en etanol se coloca en un matraz bola y se conecta en un rota-vapor para evaporar el solvente utilizado. La fracción que nos queda en el matraz representa la parte del ingrediente activo de la muestra.

IDENTIFICACION DE LOS COMPONENTES .

Pruebas químicas para surfactantes.

La fracción aislada soluble en etanol, obtenida por el procedimiento descrito anteriormente se sujeta a las pruebas para detergentes aniónicos, catiónicos y no-iónicos.

Procedimiento.

Prueba para detergentes aniónicos.

Esta prueba es descrita detalladamente en la página 7.

Prueba para detergentes catiónicos.-

Preparar un reactivo de azul de bromo fenol, mezclando 7.5 ml de acetato de sodio 0.2 N, 93 ml de ácido acético 0.2 N y 2 ml de solución etanólica

de azul de bromo fenol al 1%. A 10 ml de el reactivo de bromo fenol adicionar 5 gotas de la solución de prueba. Un color azul cielo indica la presencia de detergente catiónico.

% en peso de detergente catiónico.

Para determinar el % en peso de detergente catiónico se hace lo siguiente: De la parte insoluble en etanol guardarla para la determinación de materia inorgánica. La parte soluble en etanol se afora a 100 ml y de ahí se toma una alícuota de 10 ml y se coloca en un cilindro para realizar la mezcla de 100 ml con tapón de vidrio, adicionar a la alícuota 30 ml de agua y agitar bien. Adicionar 25 ml de la solución de azul de metileno y 20 ml de cloroformo. Tapar el cilindro y agitar vigorosamente. Titular la solución en el cilindro con una solución de lauril sulfato de sodio al 0.005 N usando una microbureta de 25 ml. Todo esto se determina cuando se sabe que el detergente que se esta probando es un detergente catiónico. Después de la agitación vigorosa, comenzar la titulación lentamente adicionando 5 ml de solución de lauril sulfato de sodio con agitación para observar cualquier cambio que ocurra, adicionar incrementos del titulante de 0.05 ml a medida que el punto final este próximo. Usar una lampara para ver el cilindro y detectar el punto final que es alcanzado cuando la capa superior es menos azul que la capa inferior.

$$\text{Detergente catiónico, \% en peso} = \frac{(V - 0.05) (N) (M) (100)}{w}$$

Donde : V= volumen de la solución de lauril sulfato de sodio usado, en ml.

N= Normalidad de la solución de lauril sulfato de sodio.

M= peso en meq de detergente catiónico.

w= peso de la muestra en la alícuota, en g

Prueba para detergentes no iónicos.

Si ambos surfactantes catiónicos o aniónicos estan presentes, estos deben ser removidos antes de que se haga la prueba de detergente no iónico. Esto se determina de la siguiente manera: Se disuelve una porción de la fracción aislada en etanol, se agita durante 30 min. Se filtra la solución para eliminar todo vestigio de materia inorgánica y se evapora el etanol en un rota-vapor. Tomar de la fracción soluble en etanol la parte que queda después de evaporar el solvente utilizado y hacer una solución acuosa al 1%.

Adicionar 10 ml de esa solución a 10 ml de cloroformo y 20 ml de un reactivo de hexatiocianato de cobalto amonio que consiste de 200 g de tiocianato de amonio y 30 g de nitrato de cobalto en 1 litro de agua. Agitar, un color azul en la capa de cloroformo indica la presencia de detergente no iónico.

DETERMINACION DE OTROS COMPONENTES.

Abrillantadores ópticos orgánicos.—

Muchos de los detergentes domésticos contienen pequeñas cantidades de Abrillantadores estos materiales son fluorescentes en luz ultravioleta y son importantes en la fabricación de los detergentes. Estos pueden ser detectados por la exposición de una parte de la muestra a la luz ultravioleta. Si la muestra es fluorescente la presencia de abrillantadores ópticos es indicada.

Agentes oxidantes.

Son usados en diferentes tipos de productos. Estos pueden ser detectados por la disolución de una porción de la muestra en 50 ml de agua, acidificando con ácido sulfúrico 1:9 adicionando aproximadamente 0.5 g de yoduro de potasio, y agitar. La aparición de un color amarillo, que se vuelve azul con la de una solución acuosa de almidón, indicando la presencia de agentes oxidantes.

Bicarbonato y Carbonato.

Pueden ser detectados con una porción de la muestra insoluble en etanol, la cual se coloca en un vidrio de reloj y se le adicionan gotas de ácido clorhídrico 1:1. La efervescencia indica la presencia de carbonatos y bicarbonatos.

Para determinar la cantidad de Carbonato y Bicarbonato en la muestra.

Los carbonatos usualmente se encuentran en la forma de carbonato de sodio o bicarbonato de sodio, puede ser determinado por la absorción de dióxido de carbono desarrollado por un tratamiento con ácido.

Procedimiento.

Ensamblar el aparato mostrado en la Fig. 16; Fig. 17 muestran el desarrollo del aparato en detalle. Colocar todas las conexiones vidrio con vidrio.

Adicionar suficiente ácido sulfúrico concentrado a los bulbos de Bowen para que el gas desarrollado pueda pasar a través de aproximadamente 2.54 cm (1 in) de ácido. Pesar una muestra que pueda dar 0.2 - 0.4 g de dióxido de carbono y transferirlo a un matraz de 250 ml. Adicionar 20 ml de agua. Cerrar los aparatos, abrir la llave de el embudo, y aspirar una pro-

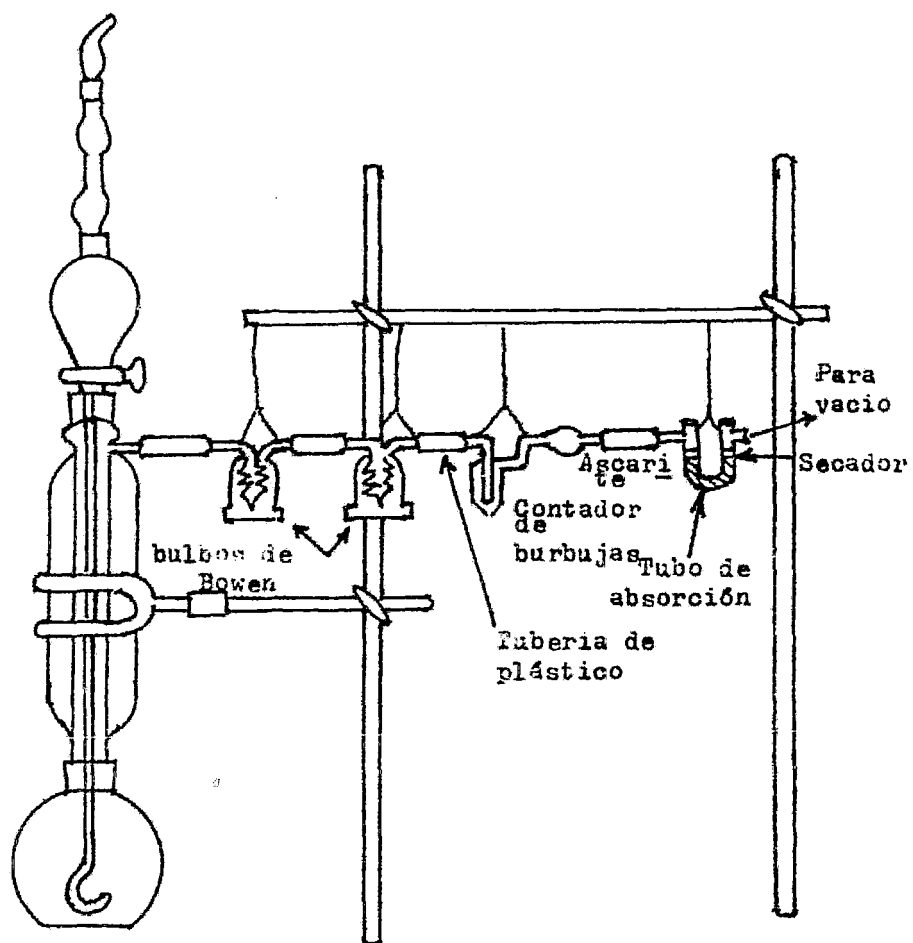


Fig. Desarrollo del aparato de absorción de dióxido de carbono.

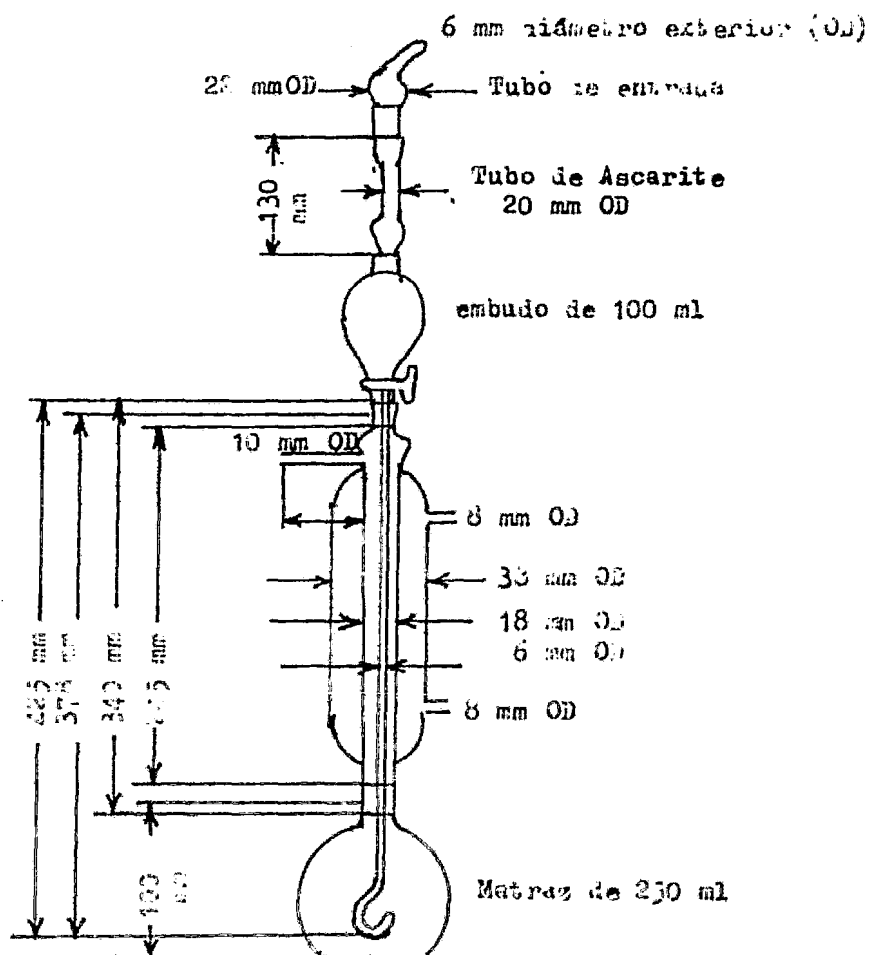


Fig. 17 Desarrollo del aparato en detalle.

porción moderada. Después de alrededor de 10 min desconectar el tubo de absorción y pesar. Sustituir el tubo de absorción en el aparato y repetir la aspiración y pesando hasta que el aparato fluya el dióxido de carbono. Cerrar la llave del embudo y eliminar el tubo superior de Ascarite. Adicionar 20 ml de ácido clorhídrico 1:1 a el embudo y reensamblar el aparato. Abrir la llave y permitir que goteen 20 ml de ácido lentamente en el matraz de modo que el dióxido de carbono formado no pase a través de el tubo tan rápidamente. Tan pronto como el ácido sea adicionado, aplicar un pequeño vacío a el final de la salida de el tubo de absorción. Cuando la reacción empieza a bajar de nivel, iniciar el calentamiento de el matraz que contiene la muestra ligeramente y continuar el calentamiento por 15-20 min, o hasta que la absorción es completa. Interrumpir el calentamiento, pero continuar a aspirando hasta que el matraz se enfríe a la temperatura del lugar. Eliminar el tubo de absorción y pesar.

Un procedimiento recomendable comprende la descomposición de el bicarbonato por calentamiento controlado de 200°C para dar dióxido de carbono.

Procedimiento.

Usar el aparato descrito en el método anterior. Pesar 2.5 - 3.0 g de la muestra en un matraz de 250 ml. Sujetar el matraz a la conexión del dióxido de carbono y llevar el tubo de absorción a peso constante con el paso lento del aire a través de el tubo de 10 - 15 min. Cuando el tubo de absorción está a peso constante, unir las conexiones y mantener el matraz con la muestra a una temperatura constante de $200 \pm 10^\circ\text{C}$ por $\frac{1}{2}$ hora. Quitar la fuente de calor y proseguir a sacar el aire libre de dióxido de carbono, a través de el aparato por un tiempo adicional de 20 min; luego separar el tubo de absorción y pesarlo.

$$\% \text{ en peso de, bicarbonato de sodio} = \frac{(W) (3.8184) (100)}{w}$$

Donde: W = peso del dióxido de carbono desarrollado por la descomposición, en gramos.

w = peso de la muestra en gramos.

Si el carbonato de sodio contenido es determinado, continuar el análisis como sigue: Sustituir el tubo de absorción. Adicionar agua a través de el embudo que contiene (o sea está conectado a el matraz que contiene la muestra) el matraz hasta que el nivel sea pequeño encima de el punto inferior de el tubo de entrada. Si es necesario aplicar una pequeña succión a través

del tubo para lograr esta operación. Agregar 20 ml de ácido clorhídrico 1:1 conteniendo unas gotas de indicador de anaranjado de metilo a la muestra - en el matraz. Si es necesario agregar ácido clorhídrico 1:1 adicional para llevar a la solución a una acidez distinta. Aumentar la corriente eléctrica hasta que una suave ebullición se lleve a cabo, entonces disminuir la cantidad de calor y mantener constante la ebullición de 10 - 15 min. Quitar - la corriente y proseguir a sacar las trazas de aire de dióxido de carbono - a través del aparato por un tiempo adicional de 30 min. Desprender el tubo de absorción y pesarlo.

$$\% \text{ en peso de, carbonato de sodio } = \frac{(W) (2,409) (100)}{w}$$

Donde: W = peso del dióxido de carbono desarrollado por el ácido, en g
w = peso de la muestra en g .

FOSFATOS.

Las siguientes pruebas son usadas para establecer la presencia de Fosfatos inorgánicos en muestras de detergente.

Procedimiento.

La fracción insoluble en etanol se aísla, se coloca en un crisol sobre una mufla o mechero a 600°C para destruir alguna presencia de materia orgánica. Acidificar con ácido nítrico concentrado y adicionar 5 ml en exceso. Calentar la solución de 10 a 15 min, después enfriar. Preparar un reactivo de - molibdato de amonio por la disolución de 90 g de molibdato de amonio en - 100 ml de hidróxido de amonio 6N, adicionar 240 g de nitrato de amonio y - aforar a 1 litro. Adicionar 5 ml de este reactivo a la muestra. La apari- ción de un precipitado fino de color amarillo indica la presencia de fosfa- tos.

Determinación de Fosfatos en la muestras de detergente.

Una amplia variedad de fosfatos inorgánicos son usados como aditivos en - formulaciones de detergentes. Estos materiales contribuyen a la alcalinidad y mejoramiento en el funcionamiento de estos productos. También la mayoría - de materiales comunmente usados son: pirofosfato potásico, $K_4P_2O_7$; pirofos- fato sódico, $Na_4P_2O_7$; ortofosfato de sodio, Na_3PO_4 ; metafosfato sódico, - $NaPO_3$; y tripolifosfato de sodio, $Na_5P_3O_{10}$.

El tripolifosfato de sodio comercial es usado en varios niveles o sea en - cantidades variables que van de 20 a 50% en la mayoría de los detergentes. Estos contienen principalmente tripolifosfato de sodio, solo pequeñas can-

tidades de ortofosfatos y pirofosfatos están presentes. La determinación de varios tipos de fosfatos en detergentes comerciales es necesaria.

Método automático para la determinación de fosforos totales.

Este método se basa en la hidrólisis del ácido (o sea la hidrólisis ácida) de la condensación superior del fosfato a orto-fosfato, que reacciona con molibdato de amonio y sulfato de hidrazina para producir el color azul del molibdato. La solución resultante fluye a través de la celda de un colorímetro que es electrónicamente sujeta a un registrador; la respuesta es continuamente trazada. El resultado es calculado como total de pentóxido de fosforo.

Procedimiento.

Preparación de la solución de molibdato de amonio, disolver 30 g de molibdato de amonio $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}\cdot 4\text{H}_2\text{O}$ en un matraz volumétrico de 2 litros conteniendo 1500 ml de agua y adicionando 200 ml de ácido sulfúrico concentrado. Enfriar a la temperatura del lugar y aforar hasta el volumen.

Preparar la solución de sulfato de hidrazina con la disolución de 2g de $\text{H}_2\text{NNH}_2\cdot\text{H}_2\text{SO}_4$ en un matraz volumétrico de 2 litros conteniendo algo de agua. Aforar hasta el volumen.

Preparar una solución estándar de pentóxido de fosforo con fosfato dihidrogenado de potasio seco, KH_2PO_4 , en un horno a 105°C de 1-2 horas, pesando 1.9180 g para dar casi 0.3 mg, y aforando a un litro en un matraz volumétrico. La concentración de la solución del pentóxido de fosforo es 1mg/ml. Aforar 75 ml de la solución estándar a 500 ml para preparar el Estándar 1, y 100 ml de la solución estándar para aforar a 500 ml para preparar el Estándar 2.

Pesar correctamente una muestra que contenga alrededor de 80 mg de pentóxido de fosforo. Transferirlo a un matraz volumétrico de 500 ml, adicionando aproximadamente 100 ml de agua y 10 ml de ácido sulfúrico 6N. Calentar en un baño de vapor por $\frac{1}{2}$ hora. Enfriar a la temperatura del lugar y aforar hasta el volumen con agua. Para limpiar las muestras permitir que la solución se mantenga quieta 10-15 minutos para permitir que se sedimente lo insoluble.

Utilizar el aparato que se muestra en la Fig. 18. Bajar el tope de la rueda para arrancar el instrumento. Chorrear agua por unos pocos minutos para comprobar el flujo libre de el líquido. Sumergir el tubo que debe de contener el reactivo con sus respectivas soluciones. Colocar 30 muestras/hr

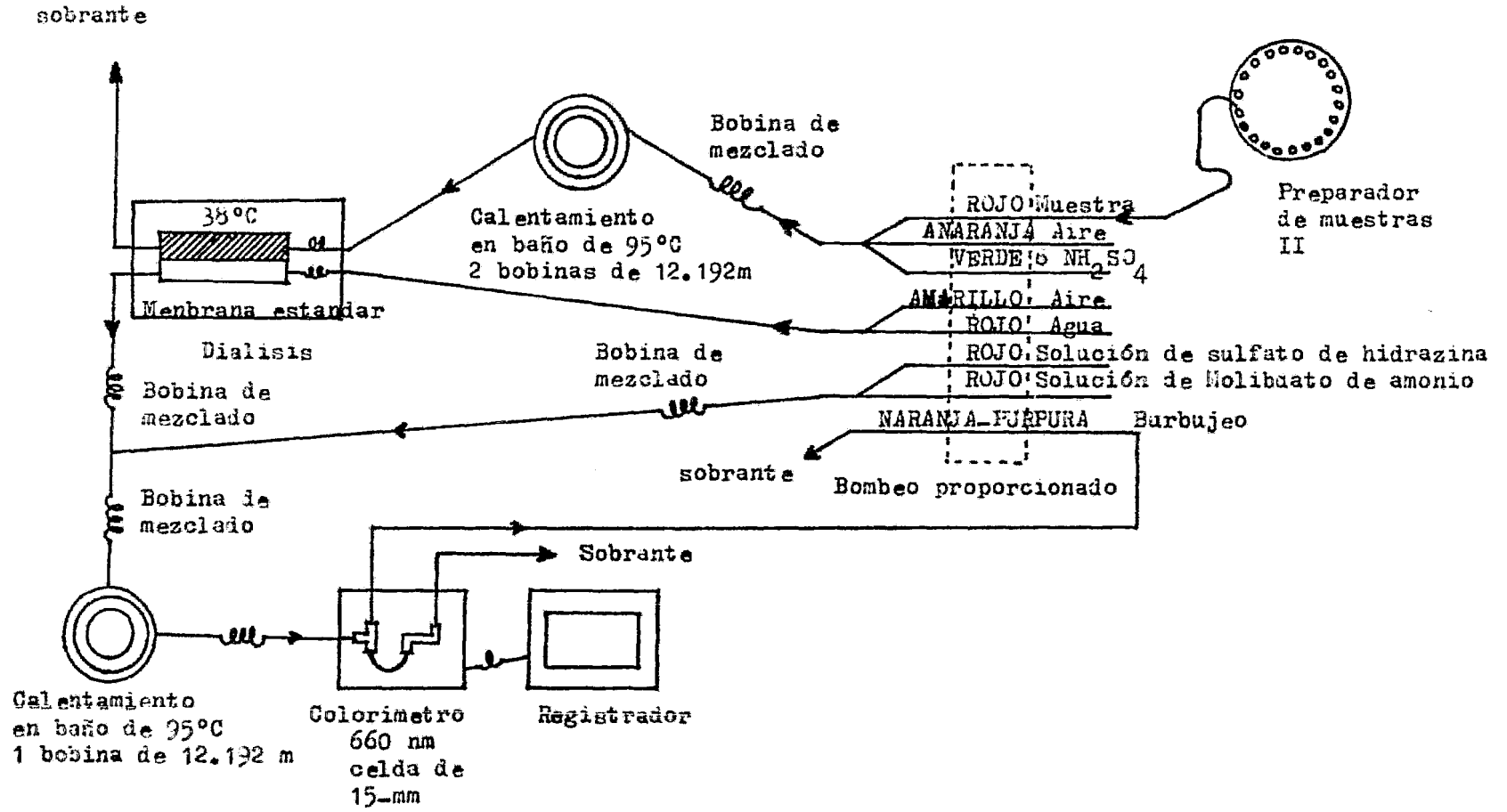


FIG. 13 Diagrama de flujo para la determinación automática de pentóxido de fósforo total .

en unas copas de plástico sobre el probador de muestras. Entonces el primer pico puede correr a un tiempo erróneo, tres copas se llenan con algo de la muestra estandar como medida precautoria. Llenar las copas como sigue; una con agua; tres con estandar 1; dos con estandar 2; diez con solución muestra; dos con estandar 1; y dos con estandar 2, etc. Cubrir con una tapadera de plástico. Encender el colorimetro y el registrador. Cuando la base de la línea es estable, colocarla a una absorbancia de 0.01 y poner en marcha el probador de muestras, asegurarse que las copas de plástico con las muestras se sumergan casi hasta el fondo. El sistema es leído por la separación de la cromatografía en los fosfatos (Fig. 19). Ya que se termina de ocupar el analizador se lava el sistema con agua por 20 a 25 minutos.

$$\text{Pentóxido de fósforo, \% en peso} = \frac{(K_{av}) (A) (100)}{S}$$

$$\text{Donde } K_{av} = \frac{K_1 + K_2}{n}$$

K_1 y K_2 = mg de pentóxido de fósforo en la solución estandar dividida por la absorbancia de la solución estandar.

n = número de valores en la colocación de los estandar.

A = Absorbancia desconocida obtenida de la altura máxima en la gráfica registrada.

S = peso de la muestra en mg.

Método gravimétrico para la determinación total de fósforo.

Este método se basa en la precipitación de el fósforo total con fosfato amónico magnésico y ignición a el pirofosfato, la forma en que es pesado y calculado el % del pentóxido de fósforo.

Procedimiento,

Pesar 0.8 - 1.2 g de muestra para dar casi 0.1 mg y colocarlo en un crisol de 125 ml. Carbonizar la muestra usando un mechero Bunsen. No fundir la muestra. Enfriar, agregar 20 ml de ácido clorhídrico concentrado, y colocarlo sobre un baño de vapor. Evaporar hasta sequedad. Dejar el crisol sobre el baño de vapor por un tiempo adicional de 30 min. Humedecer las sales con 5 ml de ácido clorhídrico concentrado, cuidadosamente agregar 75 ml de agua y calentar sobre un baño de vapor. Filtrar a través de un papel filtro rápido en un vaso de 400 ml para eliminar los silicatos. Lavar bien el residuo con agua caliente. Enfriar el filtrado y diluir a 150 ml con agua. Agregar varias gotas de indicador anaranjado de metilo y hacerlo ligeramente alcalino con

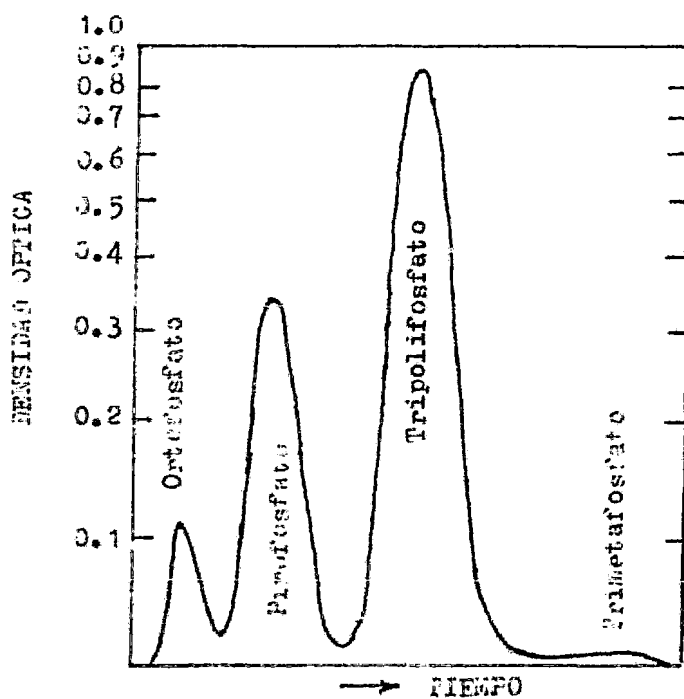


Fig. 19 Cromatograma típico de la separación de fosfatos con el Autoanalizador.

hidroxido de amonio concentrado para eliminar hierro y hidroxido de aluminio. Calentar en un baño de vapor o estufa eléctrica (parilla eléctrica). Filtrar a través de un papel filtro rápido y lavar el precipitado bien con agua caliente. Descartar el precipitado. En el filtrado agregar ácido clorhídrico concentrado con un pequeño exceso.

Preparar una solución mezcla de magnesia disolviendo 50 g de cloruro de magnesio, $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, y 70 g de cloruro de amonio en 400 ml de agua, adicionando 100 ml de hidroxido de amonio concentrado, y aforando hasta 1 litro. Filtrar justamente antes de usar. Adicionar 50 ml de la solución mezcla de magnesia a el filtrado y agitar bien.

Enfriar la solución en un baño de hielo y agregar hidroxido de amonio 1:1 lentamente con agitación constante. Cuando la solución es completamente alcalina agregar 20 ml adicionales de hidroxido de amonio. Dejarlo en hielo - por lo menos dos horas o preferiblemente toda la noche.

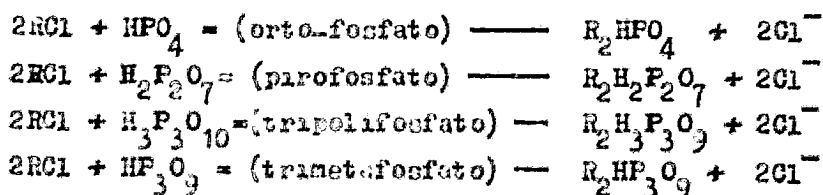
Filtrar sobre papel o en un crisol Gooch previamente tarado. Lavar bien con hidroxido de amonio 1:10, y finalmente con 10 ml de una solución ligeramente amoniacal al 5% de nitrato de amonio. Si el papel es empinado, transferirlo a un crisol de porcelana previamente pesado y calcinarlo. Secar el contenido del Gooch en un crisol de porcelana sobre una parrilla eléctrica. Usando un mechero carbonizar la muestra por calcinación y aumentar gradualmente el calor hasta su completa calcinación. Calentar a peso constante. Enfriar en un desecador y pesar como pirofosfato de magnesio, $Mg_2P_2O_7$.

$$\% \text{ en peso, del pentóxido de fósforo total} = \frac{(M)(0.6377)(100)}{w}$$

Donde M = peso de el pirofosfato de magnesio, en g
 w = peso de la muestra, en g.

Método automático para fosfatos individuales.

Según este método, todos los fosfatos presentes son cambiados con una resina aniónica fuerte. Sus diferencias de afinidad de la resina permite su separación por el incremento de la fuerza iónica del eluyente tal como cloruro de potasio:



R representa la porción de polímero insoluble no cambiante de la resina. La elución individualmente de fosfatos son luego hidrolisados con ácido ortofosfórico, reaccionando con molibdato de amonio y sulfato de hidrazina, resultando un color azul del molibdato es medido con el colorímetro.

Procedimiento.

Preparar una solución de molibdato de amonio disolviendo 30 g de molibdato de amonio, $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, en un matraz volumétrico de 2 litros conteniendo alrededor de 1500 ml de agua, y adicionando 200 ml de ácido sulfúrico concentrado. Enfriar a la temperatura del lugar y aforar hasta el volumen.

Preparar la solución de sulfato de hidrazina disolviendo 2 g de sulfato de hidrazina, $\text{H}_2\text{NNH}_2\text{H}_2\text{SO}_4$, en agua y aforar en el matraz volumétrico de 2 litros.

Preparar una solución buffer, pesando 70g de acetato de potasio y 18 g de ácido acético glacial y aforar a un litro con agua. Ajustar a un pH= 5.0 con ácido acético diluido o solución de hidróxido de potasio.

Preparar una solución de cloruro de potasio 0.25 M, pesando 37.5 g de cloruro de potasio, transferirlo a un matraz volumétrico de 2 litros, adicionando 50.0 ml de solución buffer, y aforar hasta el volumen con agua.

Preparar una solución de cloruro de potasio 2.0 M, pesando 300 g de cloruro de potasio, transferirlo a un matraz volumétrico de 2 litros, adicionando 50 ml de solución buffer, y aforar hasta el volumen con agua.

Antes de tratar la resina Dowex 1-X8 o Bio-Rad AG 1-X-8 (100-200 mallas) empaparla en ácido clorhídrico 2.0 N toda la noche, luego decantando el ácido y lavando varias veces con agua y cloruro de potasio 0.25 M. Almacenar la resina tratada con agua. Ajustar el aparato mostrado en la Fig. 20. Hacer cada columna cromatográfica ablandando las columnas al fuego, la sección media del tubo de vidrio mide 40 cm X 8 mm de diámetro interior y extenderlo. Después cortar lentamente y pulir con el fuego la sección extendida, lista la columna con aproximadamente un tubo de transmisión de 20 cm conectado a una unión. Insertar una pequeña cantidad de lana de vidrio y rellenar la columna a una altura de 4.5 - 5.0 cm con resina pretratada de Dowex 1-X8 o Bio-Rad AG 1-X-8 de ión-cambiable dejando espacios en la parte superior de 12-13 cm. Cubrir con pequeñas bolitas de fibra de vidrio.

Pesar una muestra conteniendo no más de 60 mg de pentóxido de fósforo para cada tipo de fósforo presente. Usualmente 0.3-0.7 g son requeridos. Transferir la muestra a un matraz volumétrico y aforar hasta el volumen con agua. Mezclar a la temperatura del lugar con un agitador magnético por 25-30 min. Preparar las muestras más de las decorritas. Si la muestra contenida en inorg

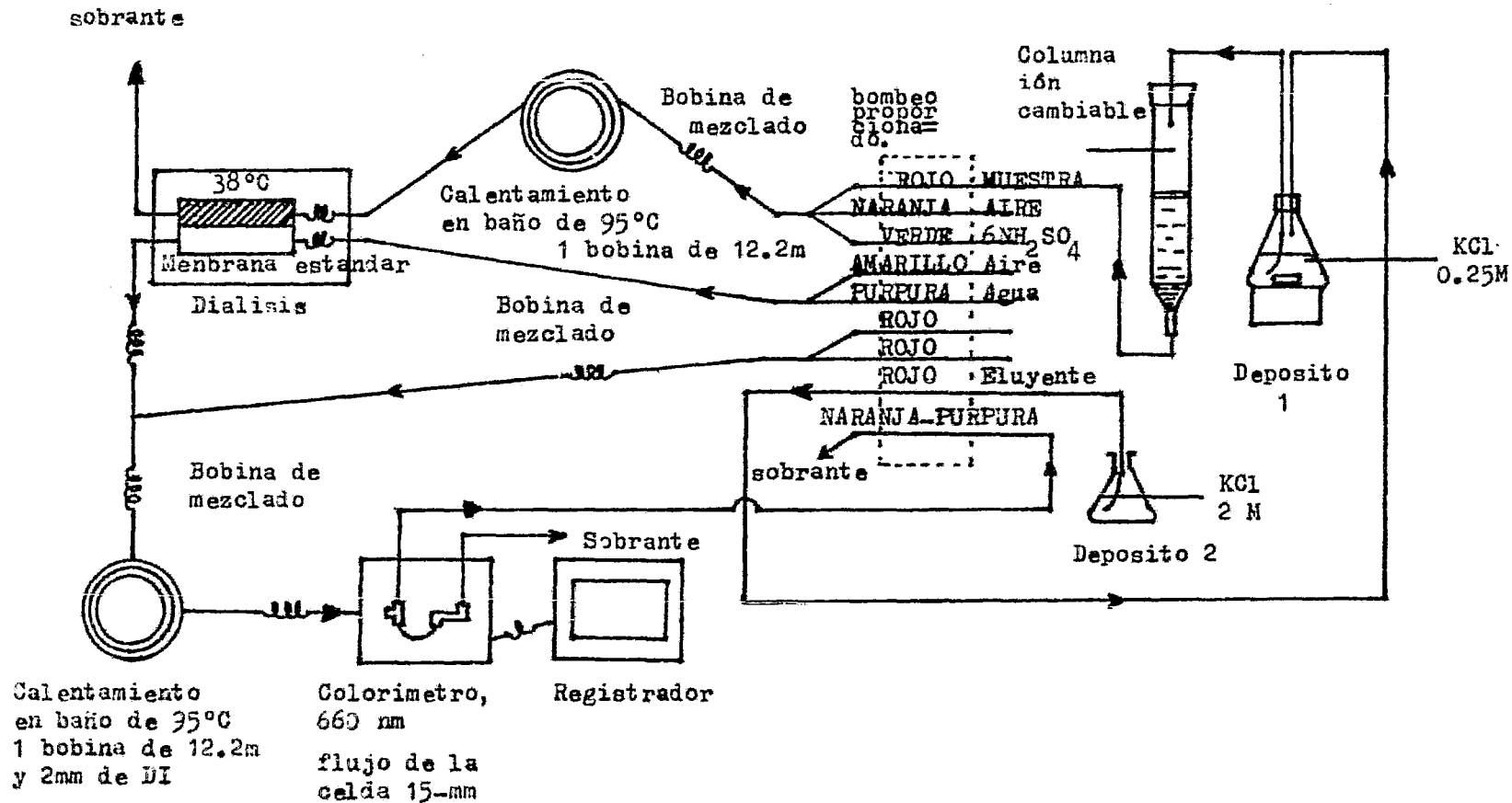


Fig. 20 Diagrama de flujo para la determinación automática de fosfatos condensados.

luble, permitir a la solución su sedimentación de 10-15 min.

Unir varios fosfatos como se muestra en el diagrama de flujo de la (Fig. 20) Bajar la rueda al tope para poner en marcha el aparato. Poner agua a través del sistema por unos cuantos minutos para verificar que fluya el flujo libre Sumerguir el reactivo en sus respectivas soluciones. Tener tres columnas ión cambiante listas para la operación. Encender el colorímetro y el registrador del Autoanalizador. Poner en marcha la gráfica del registrador cuando la primer columna este conectada a el sistema y ajustar la base de la línea a una absorbancia 0.01. Sujetar la columna y transferir aproximadamente 5 ml de la solución de la primer muestra a la columna. Mientras la solución se empieza a vaciar en el sistema, medir 60 ml de la solución de cloruro de potasio 0.25 M en el deposito 1. Llenar el deposito 2 con cloruro de potasio 2.0 M. Después la muestra es vaciada en la resina, lavar las paredes de la columna con 2-2.5 ml de solución de cloruro de potasio 0.25M. Registrar el tiempo o poner en marcha un cronómetro. Poner en marcha el agitador magnética en el deposito 1 y luego conectarlo a el deposito 2. Cuando se lava con la solución de cloruro de potasio 0.25 M es vaciado en la resina, adicionar otros tres ml y conectar la tapa de la columna a el deposito 1. Sujetar antes la columna 2 y la columna 3 dejar la elución de los líquidos en un vaso. Transferir aproximadamente 5 ml de la muestra 2 y 3 en sus columnas respectivas. Sujetar las columnas cuando el líquido este aproximadamente arriba de 0.5 cm de la lana de vidrio. Preparar las siguientes tres muestras pesando y diluyendo como se describió previamente. Preparar el segundo deposito con 60 ml de cloruro de potasio 0.25M. Un tiempo determinado, dependiendo de la composición de la muestra, desconectar el deposito 1 de la primer columna y cambiar los depositos y columnas de las muestras subsecuentes. Regenerarse la columna 1 con 5 ml de ácido clorhídrico 2N y 5 ml de cloruro de potasio 0.1M para uso futuro.

Los fosfatos pueden ser eluidos en el siguiente orden: orto, piro, tripoli, y trietafosfato. Una cromatografía típica es mostrada en la Fig. 19. Si ya no se va a hacer otras determinaciones lavar el sistema con agua por 20-25 minutos.

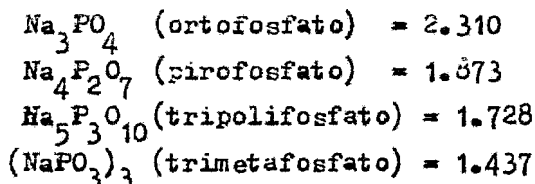
Calcular el $\%$ del area de cada tipo de fosfato de el cromatograma obtenido. Usando el valor de el pentóxido total convertir el $\%$ del area para cada $\%$ en peso de fosfato del $\%$ del pentóxido de fósforo en la muestra principiando como sigue:

$$\% \text{ en peso, pentóxido de fósforo de cada fosfato} = \frac{(A) (T)}{100}$$

Donde: A = % del área de el fosfato individual.

T = % del pentóxido total en la muestra.

Convertir el % en peso del pentóxido de fósforo a % en peso como fosfato individual por la multiplicación de los siguientes factores de conversión.



SULFATOS.

Los sulfatos pueden ser detectados por la siguiente prueba.

Procedimiento.

Disolver una fracción insoluble en etanol en agua y acidificar con ácido clorhídrico 1:1 usando un indicador de anaranjado de metilo. Calentar la solución y adicionar unas gotas de la solución de cloruro de bario al 10%, mientras se agita. La aparición gradual de un precipitado blanco indica la presencia de sulfatos inorgánicos.

Determinación de sulfatos.

Los sulfatos inorgánicos de sodio, potasio y amonio son comunmente encontrados en formulaciones de detergentes. Algunos detergentes contienen sulfatos principalmente sales de sodio, como un relleno.

Procedimiento.

Pesar correctamente la cantidad de la muestra correcta indicada abajo y transferirlo a un vaso alto de 200 ml.

Sulfato de sodio expresado, en % en peso	Peso de la muestra, en gramos.
menos de 1	15
1 - 2	10
2 - 5	5
5 - 15	2
15-30	1
más de 30	0.25

adicionar 200 ml de etanol caliente y digerir sobre un baño de vapor por aproximadamente 15 min. Permitir que la parte insoluble se sedimente. Cuidar

dosamente decantar el sobrenadante en etanol a través de un crisol Gooch. Re-
petir la extracción con etanol, sedimentando, y filtrando 2 veces más, final-
mente transfiriendo el material insoluble a un crisol Gooch con la ayuda de
el etanol caliente. Lavar lo insoluble con etanol; eliminar el filtrado y —
las aguas de lavado. Pasar 150 ml de agua caliente en pequeñas porciones —
a través del Gooch para disolver las sales solubles en agua. Filtrar la solu-
ción acuosa, coleccionar el filtrado en un vaso de 400 ml. Agregar varias gotas
de una solución indicadora de anaranjado de metilo y acidificar con ácido —
clorhídrico 1:1; después agregar un exceso de 5 ml de ácido. Calentar la solu-
ción hasta ebullición y agregar suficiente solución de cloruro de bario al —
10% para precipitar el sulfato presente. Agregar una solución de cloruro de
bario lentamente mientras se agita. Hervir aproximadamente por 10 minutos y
mantenerse sobre un baño de vapor por alrededor de 3 hr. Filtrar a través —
de un papel filtro y lavar el precipitado con agua caliente hasta que las —
aguas de lavado estén libres de cloruros cuando se prueba con una solución
de nitrato de plata. Colocar el papel en un crisol de porcelana tarado y —
secar en una mufla. Carbonizar el papel, en un mechero. Enfriar el crisol en
un desecador y pesar. Calcular el sulfato inorgánico como sulfato de sodio.
SILICATOS.

Los silicatos, predominantemente los silicatos de sodio, son usados amplia-
mente en los detergentes. Después de carbonizar la muestra para remover toda
la materia orgánica, el silice es deshidratado con ácido concentrado. La ma-
teria inorgánica soluble es eliminada con ácido diluido y filtrada, y el re-
siduo contiene el silice que es calentado a peso constante. Al silice se le
agrega ácido fluorhídrico y la diferencia en peso antes y después se utiliza
para calcular el % de dióxido de silicio.

Procedimiento.

Transferir exactamente un peso de la muestra conteniendo 0.15-0.24 g de si-
licio (dióxido de silicio) a un crisol de porcelana de 125 ml. Carbonizar la
muestra usando un mechero Bunsen (Si la muestra contiene considerable agua,—
evaporar primero). No fundir la muestra. Enfriar y lentamente agregar 20 ml —
de ácido clorhídrico concentrado. El crisol puede ser parcialmente cubierto
con un vidrio de reloj a la vez que se adiciona el ácido. Eliminar y lavar —
el vidrio de reloj. Evaporar la solución acidificada hasta sequedad sobre un
baño de vapor. Dejar el crisol sobre el baño de vapor por un tiempo adicional
de 15 min. Humedecer las sales con 5 ml de ácido clorhídrico concentrado; —

lentamente adicionar 75 ml de agua y calentar en un baño de vapor. Filtrar la solución a través de un papel filtro rápido y lavar el residuo bien con agua caliente. Secar y carbonizar el papel en un crisol de platino con la flama baja del mechero, hasta que todo el carbon este bien carbonizado, y finalmente calentar a alta temperatura en un mechero Meker por aproximadamente $\frac{1}{2}$ hora. Enfriar en un desecador y pesar. Continuar la carbonización del residuo hasta peso constante.

Humedecer el residuo con 3 ml de agua. Agregar 4 a 5 gotas de ácido sulfurico concentrado y 5 a 10 ml de ácido fluorhidrico al 48%. Evaporar hasta se queda sobre un baño de vapor en una parilla eléctrica. Finalmente calentar hasta el rojo vivo y carbonizar a peso constante con un mechero Meker.

DETERMINACION DE PROPIEDADES.

Densidad de los detergentes en polvo.

La densidad del volumen aparente es una medida de la densidad apelmazada de los detergentes en polvo.

Procedimiento.

La densidad del volumen aparente.— Usar una caja de goteo construida como se muestra en la Fig.21 . Pesar 40.0 g de muestra en un cilindro graduado de 250 ml., tapar con un tapon de caucho y permitir gotear 50 veces a través de una distancia limite con las dimensiones de una caja de goteo. Gotear en la proporción de 30 veces/min, levantar el cilindro lentamente sacudiendolo afuera; ahí no puede chocar con la tapa superior. Durante el levantamiento el cilindro puede ser girado a través de un angulo de aproximadamente 10° para dar una superficie plana a el polvo. Leer el volumen en el cilindro después de gotear el número de veces requerida. Calcular como sigue donde V es el volumen de la muestra después del goteo.

$$\text{Densidad aparente, g/ml} = \frac{40}{V}$$

Densidad de la papa.— Pesar en centigramos una copa de medida estandar de aluminio, teniendo un diámetro de 1.74625 cm (11/16 in), midiendo las caras en linea recta una altura 1.5625 cm (10/16 in) al plano de la base, y equipado con un mango. Poner el detergente en polvo en la copa. No empaquetar la muestra, para permitir que fluya libremente. Usando una espatula, el nivel de la superficie del polvo colocarlo con su superficie en la copa. Pesar la copa más el polvo en centigramos.

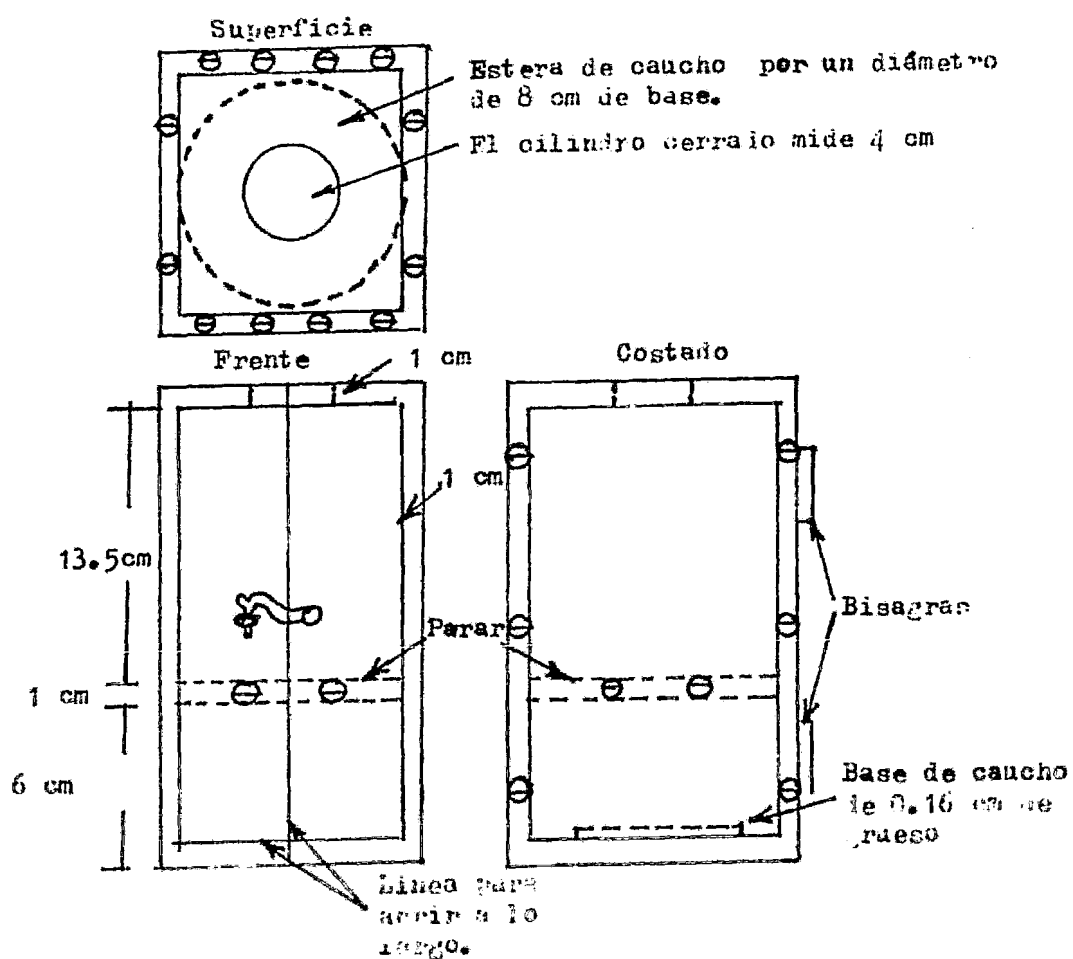


Fig. 21 Caja de goteo (construido de madera) para la determinación de la prueba de volumen de densidad aparente.

$$\text{densidad de la copa, g/ml} = \frac{W - T}{237}$$

Donde: W = peso de la copa estandar más el polvo estandar, en g .

T = peso de la copa tarada, en g .

TAMANO DE LA PARTICULA DE LOS DETERGENTES EN POLVO.

Este método nos determina el tamaño de la partícula de los detergentes en polvo, por medio de una criba manual o utilizando una maquina tamizadora.

Procedimiento.

Usar los tamices secos, de el No. 12 (1680 μ m), No. 40 (420 μ m), y No. 100 -- (149 μ m). Otros números de mallas pueden ser usados si se requiere para especificaciones más individuales. Transferir unos 100 \pm 0.1 g de muestra bien mezclada, y seca para ponerse en el tamiz.

Tamiz manual.- Colocar la muestra de detergente en polvo en el tamiz y con la mano golpear las caras de el tamiz para que pase la muestra. La proporción de muestra que pasa a través de la superficie del tamiz es de por lo menos 0.1 g/min con la agitación. Primero la muestra se coloca en el tamiz No. 12, la porción que pase a través de el tamaño de estas mallas, se hace pasar después por el tamiz No. 40 usando un cepillo de pelo de camello para remover el material que queda en el tamiz, el material que pasa a través de estas mallas, se pasa por el tamiz No. 100. Pesar cuidadosamente la porción retenida sobre cada tamiz y la porción que pasa a través de el tamiz No. 100. Un mínimo de dos determinaciones pueden hacerse y promediar los resultados. Calcular el % retenido sobre cada tamiz.

Tamiz automatico.- Colocar la muestra sobre los tamices operados mecanicamente, poner la maquina a funcionar por 10 min. Cuidadosamente pesar la porción retenida en cada tamiz, y la porción que pasa por el tamiz No. 100. Calcular el % retenido de la muestra en cada tamiz.

pH y ALCALINIDAD.

Las determinaciones de pH son hechas de una manera estandar usando una solución de detergente al 0.1% y un par de electrodos vidrio-calomel.

ALCALINIDAD TOTAL.

Esta determinación es a veces útil para saber la alcalinidad total de las muestras de detergente, determinandose por medio de una titulación.

Procedimiento.

Pesar cuidadosamente una muestra que utilice entre 15 y 20 ml de ácido para

su titulación. Diluir la muestra hasta 100 ml con agua, adicionarle unas gotas de solución indicadora de anaranjado de metilo-xileno cianol y titular hasta obtener un color gris; se titula con ácido clorhídrico 0.1N. Calcular como sigue:

$$\text{Alcalinidad, meq/g} = \frac{(V)(N)}{w}$$

Donde: V= volumen de la solución de ácido clorhídrico requerida, en ml.

N= normalidad de la solución de ácido clorhídrico.

w= peso de la muestra, en g.

Multiplicar la alcalinidad como meq/g por el factor apropiado para convertir a los compuestos indicados abajo.

Compuesto	Factor
trietanolamina	14.9
hidróxido de sodio	4.0
hidróxido de potasio	5.6
óxido de sodio	3.1

ALCALINIDAD LIBRE.

La alcalinidad libre de una muestra de detergente es definida como la fracción alcalina soluble en etanol. Generalmente se calcula en forma de $\%$ Na_2O , $\%$ NaOH , o $\%$ KOH .

Procedimiento.

Pesar correctamente una muestra de 5-10 g y colocarla en un matraz Erlenmeyer de 250 ml. Agregarle 100 ml de etanol caliente, colocar el matraz sobre un baño de vapor, y mezclar bien. Permitir la sedimentación de la parte insoluble, a la parte soluble en etanol se le agregan unas gotas de solución indicadora de fenolftaleína, y se titula hasta que la solución sea incolora (punto final); titular con ácido clorhídrico 0.1N. Calcular como se describió en el procedimiento anterior.

TENSIÓN INTERFACIAL.

Método de ascenso capilar.

Por medio del método del tubo capilar se determina la tensión superficial. Si el líquido humedece las paredes de un tubo capilar, este puede ascender de lo contrario cae. Si el capilar es circular en la sección transversal la diferencia de la presión a través de la interfase ΔP es dada en la siguiente ecuación:

$$\Delta P = 2\gamma/r \quad \dots (1)$$

Donde γ es la tensión superficial de el líquido y r es el radio del capilar. La diferencia de presión es igual a la diferencia de densidades de la gota que se encuentra en el capilar. Esto es dado por:

$$\Delta P = \Delta dgh \quad \dots (2)$$

donde Δd es la diferencia entre la densidad de el líquido y la fase gaseosa, g es la aceleración debida a la gravedad, y h es la altura de el menisco alrededor de la superficie plana en el exterior de la interfase líquido y vapor. Igualando los valores para ΔP dando

$$\gamma = rhg\Delta d/2 \quad \dots (3)$$

La ecuación (3) es aplicable si el líquido completamente humedece las paredes del capilar, dando un ángulo de contacto menor de 90° . Si el líquido decae completamente para humedecer las paredes de el capilar, el ángulo de contacto es mayor de 90° . Si el ángulo de contacto es menor de 90° , el menisco del líquido es cóncavo y el ascenso capilar es positivo. Cuando el ángulo de contacto es mayor que 90° , el menisco es convexo el ascenso capilar es negativo. Si el ángulo de contacto no es 0° o 180° , entonces la expresión es:

$$\gamma \cos \theta = \frac{1}{2} rhg\Delta d \quad \dots (4)$$

Los detalles experimentales necesarios para obtener la altura exacta y los términos de corrección tiene que ser aplicados.

Método del anillo.

La tensión superficial se relaciona con la fuerza necesaria para levantar un anillo desde la superficie del líquido. Se utilizan anillos de platino por ser un material que no reacciona con los líquidos y tiene la propiedad de humedecerse. El líquido en el que se mide la tensión superficial por el método del anillo se coloca en el tensiómetro de duRoi y se ajusta el aparato y se determina la fuerza requerida para levantar el anillo de platino el cual yace en la superficie del líquido, se debe de conocer el diámetro del anillo y la fuerza para levantar el anillo, con la superficie del líquido unido a la periferia interna y externa del anillo.

La fuerza requerida (p) para elevar el líquido es igual a la tensión superficial de el líquido, (γ); multiplicado por el perímetro total (interno y externo) de el anillo y un factor de corrección, (F), es dada por la ecuación como sigue:

$$p = 4\pi R\gamma F \quad \dots (5)$$

Donde R es el radio de el anillo. F es una función de la superficie del líquido en la vecindad de el anillo en el instante de levantar el anillo desde la superficie del líquido. Esto se especifica en termino de dos parámetros, R^3/V y R/r , donde V es el volumen del líquido unido a la periferia interna y externa del anillo y r es el radio de el círculo del anillo de platino. Los valores de F en relación con esos parámetros fueron recopilados y tabulados por Harkins y Jordan y ampliados por Fox y Chrisman. Estas tablas se encuentran abreviadas en la tabla I.

Tabla I.- Factores de corrección F para el método del anillo.

R^3/V	F			
	$R/r = 30$	$R/r = 40$	$R/r = 50$	$R/r = 60$
0.30	1.012	1.038	1.054	
0.40	0.9672	0.9959	1.013	1.022
0.60	0.9215	0.9497	0.9701	0.9813
1.00	0.8734	0.9047	0.9290	0.9438
1.50	0.8256	0.8744	0.8995	0.9190
2.00	0.8098	0.8539	0.8798	0.9016
3.00	0.7716	0.8200	0.8521	0.8770
3.50	0.7542	0.8057	0.8404	0.8668
4.00		0.7945	0.8311	0.8590
5.00		0.7738	0.8147	0.8451
6.00		0.7555	0.8003	0.8330
7.00		0.7384	0.7871	0.8220
7.59		0.7302	0.7807	0.8168

El método del anillo es generalmente usado en laboratorios industriales por su rapidez y comodidad. Con cuidado se obtienen resultados con un error de menos del 0.5%.

El tensiómetro consta de una balanza de torsión que esta colocada sobre un soporte que este libre de vibraciones y otras perturbaciones tales como el viento, luz solar y calor. El anillo de platino debe de estar libre de sufrir dobleses o otras irregularidades. Si el plano del anillo no es horizontal, el error que se produce es proporcional a el cuadrado de el ángulo del extremo cuando el ángulo es pequeño. Un ángulo de 0.4° causa un error de 0.1%, y un ángulo de 1.0° causa un error de 0.45%.

El vaso en el cual se coloca el líquido debe ser suficientemente grande — para que el ángulo de contacto entre el anillo y la interfase sea cero. El procedimiento de ASTM especifica un diámetro de 3 cm.

PRUEBAS PARA LA DETERMINACION DE LA ESPUMA.

La espuma es importante en los criterios en la evaluación de composiciones de detergentes. Luego la composición de un producto frecuentemente es el — centro sobre las características espumantes, esto es importante para ser — capaz de medir este fenómeno bajo algunas condiciones. También mucha espu- ma puede ser molesto y no suficientemente resulta ser una desventaja. La — mayoría de las amas de casa sin embargo relacionan la capacidad de limpie- za con la presencia de espuma no siendo este su principio.

Prueba de espuma energética.

Esta prueba es desarrollada para medir la cantidad de espuma generada por la composición del detergente bajo condiciones energicas y en presencia — de manchas de grasa. Una buena correlación con resultados practicos actua- les puesto que las condiciones de la prueba terminada se compara con la — practica de las condiciones de lavado. La prueba aplica suciedad y da me- diciones rápidas y precisas.

Procedimiento.

Usar un tergotometro como el que se muestra en la Fig. 22. Preparar una — mezcla de sebo teniendo las siguientes composiciones: 10.0% de ácido palmi- tico, 5.0% de ácido estearico, 15.0% de ácido oleico, 15.0% de parafina, — 5.0% de colesterol, 15.0% de aceite de coco, 20.0% de aceite de oliva y — 15.0% de esperma de ballena. Disolver 50 g de la mezcla de sebo en benceno — alcohol isopropilico 1:1 y aforar en un matraz volumetrico de 250 ml.

Usar muestras de tela de 5.06 X 5.06 cm, adicionar 200 mg de la grasa sin- tetica a cada una de las cuatro muestras de tela. Luego adicionar 100 mg — a cada una de las 16 muestras de tela adicionales.

Poner el tergotometro a 100 rpm. Adicionar 0.5 g de la muestra a los vasos respectivamente. Llenar un matraz de 2 litros con agua a 60°C . Ajustar la dureza al nivel deseado y medir 300 ml de esta agua en cada vaso. Prender el tergotometro por 3 min. Usando una camara Polaroid fotografiar la espu- ma tan pronto como la maquina se pare. Adicionar a cada vaso que contiene — muestra de tela 200 mg y repetir completamente la operación. Adicionar — 10 mg a las muestras de tela en un intervalo de 3 min hasta que la espuma se rebalite . No adicionar más que 650-700 mg de sebo. Colocar las fotoco-

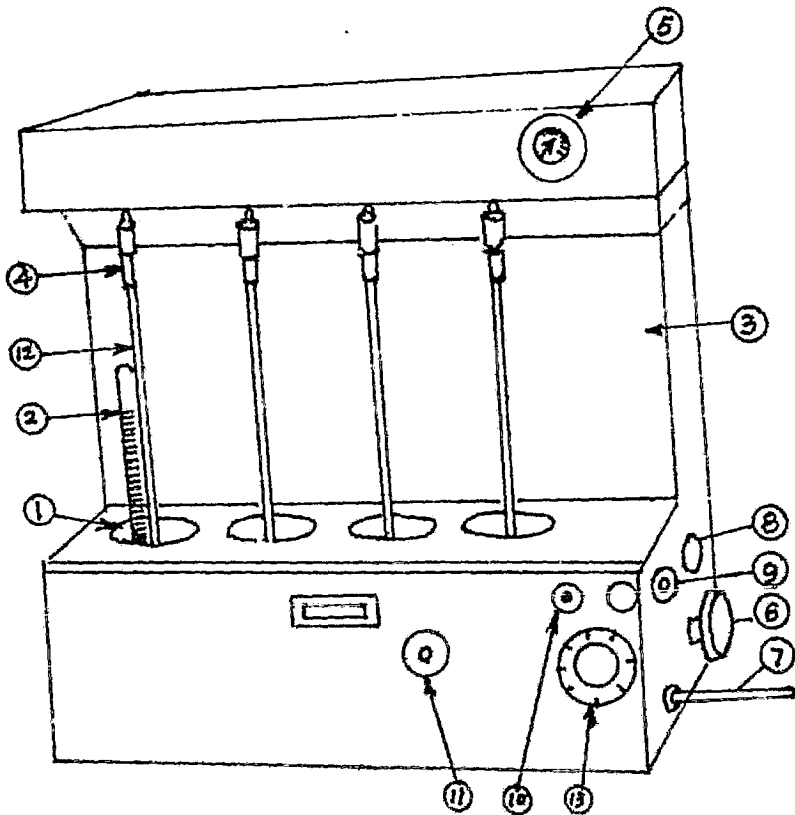


Fig. 22 Ferrotometro para pruebas de espuma. (1) Vasos de acero inoxidable (2) Termometro, (3) Tablero de acero inoxidable, (4) Conexiones para agitadores, (5) Tacometro, (6) Control de rapidez, (7) Entrada de corriente, (8) Piloto, (9) Interruptor del motor, (10) Interruptor de calentamiento, (11) Boton para control de termostato, (12) Agitador cubierto con felpa, (13) Regulador de encendido.

en secuencia. En cada caso medir la altura de la espuma en cm al principio y al final de la adición de las muestras de tela. Indicar el número de muestras de tela adicionadas contra las correspondientes alturas de la espuma. Graficar los datos usando altura de la espuma en las ordenadas y mg de sebo en las abscisas. Los resultados graficados pueden ser útiles para comparar varios detergentes y el estudio de los efectos de la temperatura, concentración dureza del agua y otras variables de interés.

Prueba para la determinación del flujo de la espuma.

Este método incluye la determinación de las propiedades espumantes de agentes de superficie activa. El método es aplicable bajo condiciones y límites controlados, y no necesariamente da información relacionada con sus usos con fines específicos.

Procedimiento.

Aparatos.— La pipeta (ver Fig. 23) puede ser construida con paredes estándar, con tubos de vidrio químicamente resistentes teniendo las siguientes dimensiones: para el bulbo, 45 ± 1.55 mm de diámetro exterior; para el tallo inferior 7 ± 0.5 mm de diámetro exterior. El tallo superior es construido para contener un tapon sólido con un diámetro interno del cilindro recto del No. 2, teniendo una llave con tapon estándar con un agujero de 2 mm y tallos de 8 mm de diámetro exterior. Ambos tallos el superior y el inferior son sellados a los tallos del bulbo que pueden ser de forma esférica. El tallo inferior puede ser de 60 ± 2 mm de longitud desde el punto de adhesión a el bulbo y pueda contener un orificio sellado en la punta inferior. El orificio es construido con una tubería de diámetro interno del cilindro preciso teniendo un diámetro interior de 2.09 ± 0.02 mm y una longitud de 10 ± 0.05 mm, con ambas puntas de base cuadrada. El orificio puede tener un diámetro exterior en forma estrecha de la parte inferior del tallo y formar un sello seguro cuando se calienta con un soplete.

La pipeta puede ser calibrada para contener 200 ± 0.2 ml a 20°C . La marca de calibración debe estar sobre el tallo superior por lo menos 15 mm abajo del barril de la llave y puede completamente rodear el tallo.

El depósito (ver Fig. 24) puede ser construido con paredes estándar químicamente resistentes teniendo una tubería de vidrio de diámetro interno de 50 ± 0.5 mm, con una punta reducida y sellado el agujero derecho, con conexión sólida, tapon estándar del No. 6 teniendo una llave de tallos de 12 mm y un agujero de 6 mm. El depósito puede tener tres marcas de calibración —

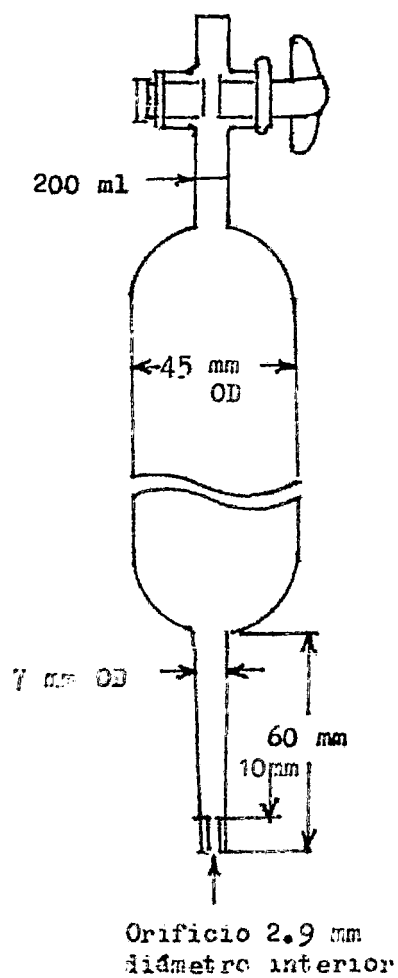


Fig. 23 Pipeta para la determinación de espuma.

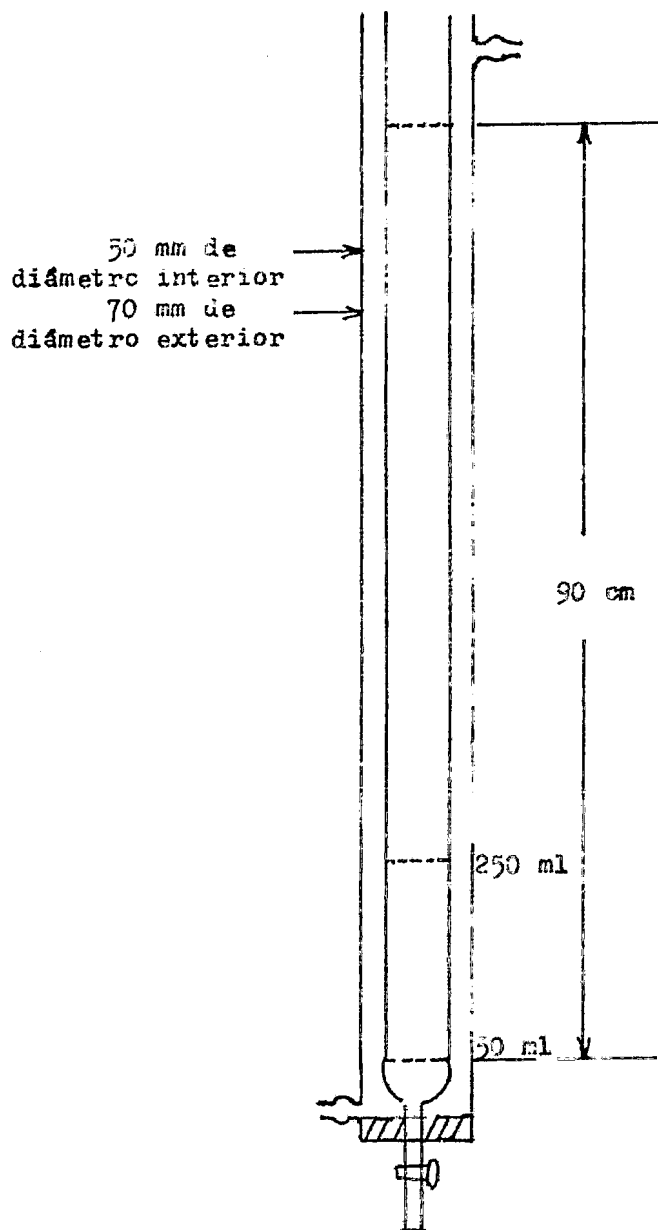


Fig. 24 Aparato para la determinación de espuma.

que completamente rodean el tubo. La primer marca, a el punto de 50 ml es medido con la llave cerrada. La segunda marca es a un punto de 250 ml y la tercer marca a una distancia de 90 ± 0.5 cm sobre la marca de 50 ml. El tubo del deposito puede ser montado en una cubierta tubular de paredes estandar para el agua teniendo un diámetro exterior de no menos de 70 mm, ajustarlo con la entrada y la conección del orificio de salida. La cubierta puede estar adherida al deposito con tapones de caucho o puede ser sellada en la parte superior y en la base. Al sellar la base separado el barril de la llave El deposito ensamblado con la cnaqueta puede ser montado y proveido en una posición vertical y la cubierta conectada a una fuente de agua manteniendo la temperatura en el termostato de $57^\circ \pm 1^\circ\text{C}$ circulando a través de la cnaqueta.

Prueba para la muestra.- Destilar agua, o varios grados de dureza de agua que puede ser usada a través de esta prueba. Antes de calentar el agua agregar agentes de superficie activa con agitación vigorosa. Continuar la agitación de manera que se evite la formación de exceso de espuma. Mantener la solución a 50°C por un periodo de 30 min de el tiempo del agente de superficie activa que es primero adicionado al agua. A la vez que el agua circula a través de la cnaqueta a una temperatura de 90°C para mantener en el deposito una temperatura apropiada. Enjuagar hacia abajo las paredes del deposito con agua Usando una pipeta, enjuagar las paredes del deposito con 50 ml de la solución de la muestra primero vaciarla hacia el fondo del recipiente que se ajusta a el nivel de la solución exactamente a la marca de 50 ml. Llenar la pipeta con la solución a la marca de 200 ml utilizando un succional. Inmediatamente colocar en posición el deposito y abrir la llave. Cuando toda la solución corra afuera de la pipeta, marcar el tiempo con un cronometro y tomar la lectura de la altura de la espuma. Tomar una segunda lectura después de 5 min. Registrar la altura de la espuma y sacar el promedio de las alturas de la orilla de la espuma. En los resultados se reportan las condiciones de la concentración en g/lit, la temperatura de la prueba, el grado de dureza del agua y las lecturas de la altura inicial y final de la espuma. Se lleva a cabo la prueba a diferentes concentraciones, para la determinación de las alturas.

Pruebas para la determinación de la humedad.

Para valorar la eficiencia de los detergentes como agentes humectantes.

Prueba del disco de lana.- Esta prueba mide el tiempo necesario para que el disco baje cuando se coloca en una solución acuosa de la muestra.

Procedimiento.

Usar un disco de lona del No. 6. Preparar una solución acuosa de la muestra al 1 %. Transferir 500 ml a un vaso de 600 ml. Tener cuidado de mantener la superficie de la solución libre de espuma si es posible. Colocar un embudo Gooch invertido, teniendo un diámetro de 3.25 cm y la longitud del barril de 7.5 cm. La Fig se muestra abajo (Fig. 25). Llevar la solución a 25°C. Trabajando rápidamente, eliminar el embudo Gooch de la solución, colocar el disco de lona en el embudo, y substituir el embudo en la solución, simultáneamente tomar el tiempo con un cronómetro. Al sumergir el embudo con el disco de lona en la solución a una profundidad de 1.25 cm. El tiempo requerido para humedecerse el disco se registra. Resultados exactos son requeridos, la prueba es llevada a cabo por lo menos cuatro veces y se determina el promedio.

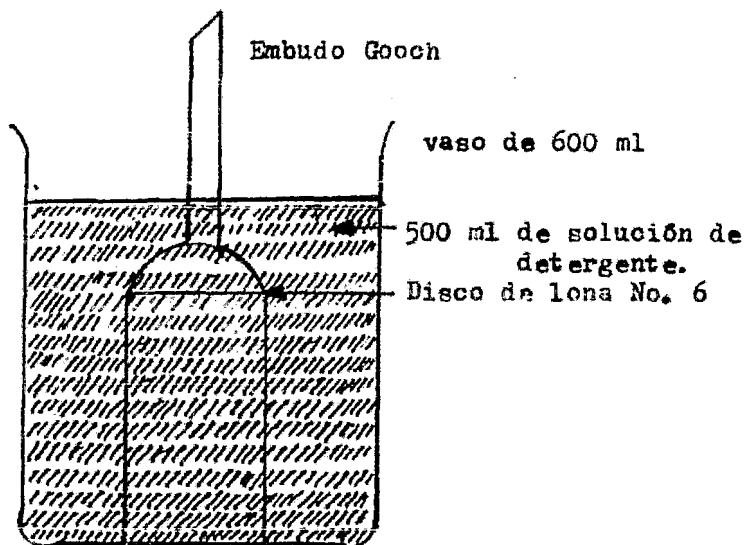


Fig. 25 Aparato para la determinación de la prueba de humedad con un disco de lona.

C A P I T U L O VI

Datos, graficas y Tablas sobre la contaminación

DATOS ANALITICOS DE LAS AGUAS NEGRAS (MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE 24 HORAS)

MUESTRA	PUNTO	ELEVACION	METEOROLOGIA					TEMPERATURA DEL AGUA °C			SUFUNDIDAD DEL AGUA			INDICADORES DE CONTAMINACION					S O L					I F O R M					FORMAS DE NITROGENO					CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS					PUNTEO	
			TEMPERATURA		HUMEDAD	VIENTO	NUBES	Superficial	A 2 m	A 5 m	110	120	130	D.O.	C.O.D.	Total	Disuelto	Suspendido	Total	Disuelto	Suspendido	NH ₃	NO ₂	NO ₃	pH	CE mg/l	Alc. mg/l	Cl ⁻ mg/l	SO ₄ mg/l	Sulfatos	Cloruros	Magnesio	Ca							
			(1)	(2)																														(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
			(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	(38)	(39)	(40)	(41)	(42)	(43)	(44)	(45)	(46)	(47)	(48)	(49)	(50)	(51)	(52)	(53)	(54)	(55)	(56)	(57)	(58)	(59)							
1	21	K	10-20	10-3	0.0	0.0	20	10	20	17.50	13.20	16.10	192	378	1 115	844	270	377	640	82	382	964	188	4.5	30.0	0.015	0.2	7.3	1 100	438	100.0	96.0	341	29.0	22.0	15.0				
2	20	H	17-24	11-1	0.0	0.0	20	10	20	18.28	13.95	13.28	217	296	1 008	228	124	640	396	40	372	268	84	4.5	30.0	0.015	0.3	7.3	880	332	104.0	96.0	209	14.0	14.0	3.0				
3	8	H	10-24	10-1	0.0	1.2	23	19	21	17.65	12.40	13.55	298	644	1 840	1 020	180	784	760	4	376	260	118	4.5	32.1	0.012	0.2	7.3	840	334	96.0	84.0	176	24.0	13.0	4.8				
4	14	H	11-27	11-3	0.0	0.0	23	19	21	18.50	12.00	13.19	177	311	1 316	1 216	180	644	888	56	432	348	124	4.0	30.4	0.016	0.3	7.1	920	418	105.0	90.0	219	22.0	29.0	22.4				
5	20	H	19-24	10-2	0.0	2.2	23	19	21	18.83	12.90	13.53	206	448	932	840	112	876	620	56	276	220	34	4.0	25.0	0.007	1.2	7.5	950	356	88.0	84.0	181	22.0	29.0	6.7				
6	6	H	17-23	8-4	0.0	0.0	23	19	21	17.95	12.50	13.52	270	632	1 324	932	132	838	732	84	280	240	48	5.2	25.1	0.030	0.8	7.3	1 120	396	100.0	90.0	215	26.0	43.0	3.5				
7	15	H	17-20	11-5	0.0	0.4	23	20	21	18.60	12.40	13.19	177	311	1 284	648	200	676	568	4	376	260	118	4.5	25.7	0.030	0.2	7.2	830	372	100.0	90.0	215	29.0	22.0	3.7				
8	10	H	17-22	12-5	0.0	0.2	24	20	22	14.10	8.45	11.63	348	55	1 126	578	102	676	368	100	480	352	68	5.2	25.3	0.030	0.6	7.1	900	418	108.0	80.0	222	27.0	25.0	6.7				
9	23	H	17-27	11-6	0.0	1.1	23	21	23	18.30	12.50	13.40	319	81	1 044	710	284	944	460	136	448	300	148	4.5	25.7	0.015	0.8	7.3	1 080	400	100.0	90.0	200	24.0	20.0	6.1				
10	2	H	10-20	12-8	0.7	12.5	24	21	22	16.25	11.90	14.02	322	199	1 324	882	152	876	622	76	336	260	76	4.5	25.3	0.010	1.0	7.3	960	382	104.0	76.0	191	30.0	28.0	6.4				
11	2	H	13-20	13-4	0.0	9.0	25	22	24	19.95	10.00	13.21	349	353	1 918	110	102	876	576	334	40	144	296	68	4.5	22.9	0.030	0.8	7.3	1 000	408	104.0	70.0	256	14.0	18.0	4.4			
12	14	H	17-20	13-0	0.5	7.0	23	20	22	13.55	9.90	13.00	260	378	1 280	1 084	196	852	770	84	408	294	108	6.0	26.0	0.020	0.8	7.3	970	396	96.0	84.0	197	24.0	14.0	9.6				
13	6	H	20-23	11-5	0.5	7.4	23	20	23	17.20	11.00	14.11	196	481	964	808	154	976	622	24	412	280	132	5.0	23.0	0.008	1.6	7.3	1 000	410	120.0	40.0	207	24.0	14.0	8.0				
14	20	H	17-23	12-8	2.4	18.8	24	21	22	18.75	13.90	14.12	199	197	1 264	1 032	232	836	620	76	348	260	132	4.5	25.0	0.018	0.6	7.3	1 000	412	100.0	52.0	161	29.0	11.0	12.6				
15	4	H	20-24	13-12	1.3	12.8	23	21	22	21.95	14.95	19.00	247	147	948	748	220	1036	622	48	336	252	132	3.0	24.0	0.018	0.5	7.3	940	348	88.0	84.0	182	14.0	22.0	18.8				
16	10	H	17-23	12-8	0.5	11.7	23	20	23	21.45	14.25	19.52	300	136	808	630	174	942	622	48	336	252	132	3.0	25.0	0.018	0.4	7.1	990	360	80.0	84.0	181	27.0	26.0	18.2				
17	8	H	17-24	13-9	0.0	23.3	24	21	23	22.70	18.60	21.40	329	450	992	536	356	964	360	226	188	254	132	3.7	17.5	0.005	0.7	7.4	700	250	88.0	80.0	108	27.0	22.0	12.6				
18	16	H	17-21	13-8	22.0	43.4	23	20	22	24.10	17.85	22.43	462	748	1 144	992	182	1194	632	133	432	310	122	2.9	22.0	0.016	0.4	7.0	870	370	88.0	90.0	182	27.0	11.0	25.2				
19	20	H	17-20	13-8	58.1	71.9	23	19	20	22.20	24.50	24.42	156	338	832	644	184	1114	360	40	188	300	8	4.8	22.0	0.015	0.4	7.3	820	284	88.0	80.0	139	37.0	12.0	16.4				
20	12	H	17-21	12-11	7.3	25.7	23	18	20	21.25	19.85	23.49	338	167	728	568	280	1144	360	230	284	268	80	3.0	23.0	0.020	0.4	7.3	500	300	80.0	88.0	156	29.0	22.0	10.4				
21	24	H	19-22	13-10	5.3	27.1	20	19	20	18.30	20.77	20.07	234	440	848	648	268	1360	360	148	194	212	72	2.3	23.0	0.017	0.4	7.5	710	320	80.0	80.0	157	14.0	27.0	16.4				
22	10	H	17-18	10-7	11.3	40.0	21	19	20	24.25	20.25	20.14	850	410	818	644	168	1304	360	148	194	212	72	3.0	23.0	0.015	0.4	7.1	760	412	108.0	100.0	224	22.0	37.0	43.8				
23	25	H	17-21	10-14	0.0	0.8	20	20	21	11.20	7.60	9.90	818	313	1 072	844	244	1414	360	148	194	212	72	3.0	23.0	0.020	0.4	7.1	760	412	108.0	100.0	224	22.0	37.0	43.8				
24	14	H	17-15	10-3	0.0	0.1	21	19	20	19.65	13.35	14.74	930	377	944	776	168	1376	360	148	194	212	72	3.0	23.0	0.015	0.4	7.5	960	396	92.0	78.0	172	19.0	28.0	8.8				
25	20	H	18-24	8-14	0.0	0.0	23	18	20	18.95	12.95	16.13	389	411	992	776	200	1396	360	148	194	212	72	3.5	23.0	0.020	0.5	7.4	920	348	92.0	80.0	172	14.0	28.0	16.8				
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						ME.0	77.1	25	22	24	22.70	20.57	20.14	930	748	1 316	1 216	256	944	840	224	394	432	188	6.0	35.0	0.010	1.0	7.3	1 120	418	104.0	160.0	536	37.0	45.0	24.2			
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						ME.1	19.0	20	18	20	11.20	7.60	9.90	818	55	708	568	168	1304	360	148	194	212	72	3.0	17.5	0.005	0.2	7.8	500	250	88.0	82.0	168	19.0	17.0	10.0			
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						Promedio	2.6	16.2	23	20	21	23.04	14.80	19.52	351	345	1 011	820	192	640	396	84	275	267	108	3.8	24.7	0.016	0.5	7.3	693	376	104.0	82.0	204	28.0	29.0	12.6		
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						ME.2	2.2	23	21	23	13.63	13.29	14.74	930	633	1 316	1 216	204	944	840	136	394	404	188	5.2	35.0	0.030	1.0	7.3	1 120	428	108.0	160.0	234	34.0	43.0	27.2			
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						ME.3	9.0	21	18	20	21.20	7.60	9.90	818	55	684	548	182	932	640	4	268	184	48	3.0	23.0	0.007	0.2	7.1	760	356	72.0	64.0	172	19.0	14.0	10.0			
MEDIDA GENERAL (1 a 25)						Promedio	0.6	0.4	23	20	21	17.49	11.20	14.74	378	353	1 050	880	184	840	68	376	277	119	4.3	26.8	0.016	0.5	7.3	943	398	92.0	90.0	204	29.0	15.0	17.4			

SRH COMISION MICROLOGICA DE LA CUENCA DEL VALLE DE MEXICO
OFICINA DE PLANIFICACION Y PROYECTOS

EL PLAN HIDROLOGICO PARA EL VALLE DE MEXICO
ANALISIS AGUAS NEGRAS ESTACIONES 04-A-1288
GRAN CANAL DEL CENTRO DE LAS AGUAS NEGRAS

Fecha: 10/12/84
Analisis: 10/12/84
Elaboracion: 10/12/84
Ejecucion: 10/12/84

MUESTRA: CH-D-2-2137

Analisis: [Firma]
Elaboracion: [Firma]
Ejecucion: [Firma]

DATOS ANALITICOS DE LAS AGUAS NEGRAS (MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE 24 HORAS)

MES	DIA	FECHA	METEOROLOGIA				TEMPERATURA DEL AGUA °C			AFECTOS %			DEMANDA DE OXIGENO ppm		S O L			FORMAS DE NITROGENO ppm						CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS						PUNTEO TSS ppm							
			PRECIPITACION (mm)		VIENTO (km/h)		Mín	Máx	Medio	D.O.B.	D.O.C.	Totales	Disueltos	Suspendidos	Inorg	NH ₃	NO ₂	NO ₃	pH	CE mg/L	Alc - como CaCO ₃ ppm	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ppm	Fe ppm	Ca ppm	Mg ppm	Na ppm	K ppm	S								
			Máximo	Mínimo	24 horas anterior	24 horas siguiente																								Máximo	Mínimo	Medio	Disueltos	Suspendidos	Disueltos	Suspendidos	Disueltos
			(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)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)
1967																																					
JAN																																					
1	21	H	28-29	10-3	0.0	0.0	22	18	20	17.50	13.20	16.10	182	329	1.114	844	270	512	340	82	592	404	188	4.5	30.0	0.015	0.2	7.3	1.100	638	100.0	76.0	251	27.0	27.0	17.0	3.0
2	22	H	29-31	11-1	0.0	0.0	20	18	20	18.78	13.85	15.78	237	296	1.008	844	324	436	356	86	372	288	84	4.5	35.0	0.015	0.3	7.3	880	392	120.0	76.0	209	34.0	24.0	17.0	3.0
FEB																																					
3	7	H	30-24	10-1	0.0	1.2	23	19	21	17.65	12.40	15.53	298	466	1.040	1.020	120	764	250	54	376	260	116	4.5	32.0	0.012	0.2	7.3	840	354	96.0	84.0	176	26.0	33.0	17.0	3.0
4	14	H	31-27	11-3	0.0	0.0	23	19	21	18.46	12.80	15.63	177	511	1.356	1.216	180	844	848	54	632	328	116	4.0	30.0	0.016	0.3	7.1	920	418	105.0	90.0	219	27.0	29.0	22.0	3.0
5	20	H	29-21	10-2	0.0	2.2	23	19	21	18.05	12.40	15.53	204	443	1.052	840	112	676	640	54	276	220	54	4.0	29.0	0.007	1.0	7.5	950	356	88.0	85.0	181	22.0	23.0	17.0	3.0
MAR																																					
6	4	H	27-23	8-4	0.0	0.0	23	19	21	17.95	12.50	15.52	270	633	1.324	932	132	816	752	84	268	146	146	5.2	25.0	0.020	0.8	7.3	1.120	396	100.0	90.0	211	26.0	43.0	3.0	3.0
7	11	H	29-24	11-5	0.0	0.0	23	20	21	18.60	12.40	15.63	279	511	1.356	844	200	844	648	84	268	116	152	4.5	25.0	0.008	0.2	7.3	890	372	92.0	140.0	219	27.0	32.0	17.0	3.0
8	18	H	27-23	12-5	0.0	1.2	24	20	22	14.18	8.43	11.63	348	55	1.128	538	128	576	576	100	640	352	84	5.2	25.0	0.020	0.4	7.1	700	618	108.0	80.0	222	27.0	25.0	17.0	3.0
9	25	H	30-29	10-6	0.0	0.0	23	21	23	18.30	12.50	15.40	339	81	1.044	760	284	576	640	136	448	300	148	4.5	25.0	0.013	0.8	7.3	1.080	400	100.0	70.0	200	24.0	30.0	17.0	3.0
ABR																																					
10	2	H	30-26	13-8	0.7	12.5	24	21	22	16.25	11.90	14.58	332	193	1.034	882	152	56	622	76	336	260	76	4.5	25.0	0.010	1.0	7.3	960	352	104.0	76.0	191	30.0	28.0	17.0	3.0
11	9	H	33-30	13-4	0.8	10.3	25	22	24	15.95	10.60	13.31	343	353	1.184	810	158	374	314	80	344	236	68	4.5	23.5	0.020	0.8	7.3	1.000	408	94.0	70.0	249	34.0	28.0	17.0	3.0
12	16	H	33-28	13-9	0.8	7.5	23	20	22	13.55	9.80	13.00	240	378	1.248	1.064	106	832	770	80	422	294	68	6.0	20.0	0.020	0.8	7.3	970	296	96.0	66.0	192	29.0	28.0	17.0	3.0
MAY																																					
13	4	H	30-23	11-5	0.5	7.4	25	20	23	17.20	11.08	14.11	196	181	1.044	808	154	55	328	24	612	280	132	5.0	25.0	0.008	0.4	7.3	1.000	610	120.0	60.0	207	21.0	34.0	17.0	3.0
14	20	H	27-23	14-8	2.4	18.8	24	21	22	16.75	10.50	14.12	198	147	1.072	412	440	640	620	76	568	432	136	4.5	25.0	0.018	0.4	7.3	1.000	610	100.0	82.0	161	29.0	31.0	17.0	3.0
JUN																																					
15	4	H	28-24	12-12	1.2	18.4	23	21	22	15.95	14.95	15.92	242	147	1.044	748	120	312	496	88	184	252	132	3.0	24.0	0.018	0.3	7.3	940	368	88.0	84.0	185	22.0	22.0	17.0	3.0
16	18	H	29-23	14-8	0.1	30.2	23	20	21	13.45	16.25	19.50	300	136	1.028	630	120	212	462	50	246	168	128	3.2	25.0	0.018	0.4	7.1	990	360	80.0	82.0	164	27.0	26.0	18.0	3.0
JUL																																					
17	2	H	30-24	12-9	0.0	25.3	24	19	21	12.70	18.60	21.40	319	530	992	356	356	564	360	224	268	256	132	3.0	17.5	0.005	0.8	7.4	700	250	68.0	62.0	108	27.0	22.0	17.0	3.0
18	14	H	31-21	13-8	27.0	13.4	22	20	22	26.10	17.85	22.43	442	248	1.144	934	193	714	654	72	632	310	124	8.2	22.0	0.016	0.4	7.0	870	270	88.0	90.0	182	27.0	34.0	17.0	3.0
19	21	H	28-28	13-8	18.1	24.9	23	19	20	31.70	24.50	29.17	454	148	1.128	640	192	544	360	184	300	300	8	5.8	22.0	0.015	0.4	7.5	625	264	68.0	80.0	139	27.0	17.0	18.0	3.0
AGO																																					
20	12	H	25-21	14-11	2.3	26.1	23	18	20	17.25	19.85	23.63	338	167	1.038	565	225	544	380	230	280	200	80	3.0	25.0	0.020	0.4	7.5	500	300	80.0	84.0	158	29.0	22.0	10.0	3.0
21	26	H	19-12	13-10	5.3	27.1	20	19	20	34.30	30.57	35.02	234	180	1.048	648	268	544	348	196	284	212	72	3.3	25.0	0.012	0.4	7.5	710	320	80.0	100.0	157	34.0	27.0	18.0	3.0
SEPT																																					
22	10	H	25-26	14-7	11.3	40.3	21	19	20	18.23	16.73	18.14	650	610	1.048	648	168	320	348	80	240	112	128	3.0	23.0	0.020	0.4	7.5	790	360	96.0	112.0	108	34.0	37.0	17.0	3.0
23	25	H	25-21	10-14	0.8	0.8	20	20	21	11.30	7.60	9.58	828	513	1.072	844	234	640	564	80	678	284	144	4.0	25.0	0.015	0.4	7.1	760	412	108.0	100.0	224	27.0	27.0	23.0	3.0
OCT																																					
24	15	H	23-15	10-3	0.0	0.1	21	19	20	19.43	13.55	16.26	930	372	944	776	160	576	312	84	348	264	104	3.0	23.0	0.015	0.4	7.5	960	396	72.0	78.0	172	19.0	38.0	17.0	3.0
25	22	H	16-24	6-14	0.0	0.0	21	18	20	18.95	12.95	16.13	349	611	992	792	200	576	324	64	296	268	128	3.5	23.0	0.020	0.5	7.5	920	348	92.0	85.0	179	14.0	28.0	16.0	3.0
MEDIDAS GENERAL (1 a 25)																																					
Máximo			22.0	77.4	25	22	24	52.70	30.57	46.14	930	248	1.396	1.216	356	944	848	274	368	274	292	188	6.0	25.0	0.020	1.0	7.5	1.120	618	164.0	160.0	356	27.0	43.0	25.0	3.0	
Mínimo			0.0	18.0	20	18	20	11.30	7.60	9.58	154	53	708	308	908	308	908	308	308	4	240	112	8	1.8	17.5	0.005	0.2	7.0	500	250	68.0	62.0	108	19.0	17.0	10.0	3.0
Promedio			2.6	16.8	23	20	21	23.84	14.80	19.52	351	343	1.018	820	155	640	274	84	374	267	104	104	3.9	24.7	0.014	0.3	7.3	891	376	104.0	82.0	224	28.0	29.0	17.0	3.0	
MEDIDAS DEL LABORIO (1 a 9 y 23 a 25)																																					
Máximo			0.0	2.2	25	21	23	15.53	13.55	16.26	638	633	1.396	1.216	284	944	808	136	436	552	408	188	5.2	35.0	0.020	1.0	7.5	1.120	618	160.0	160.0	311	34.0	43.0	17.0	3.0	
Mínimo			0.0	0.0	21	18	20	11.30	7.60	9.58	177	53	804	348	512	272	564	4	268	4	268	116	48	3.0	23.0	0.007	0.2	7.1	760	256	72.0	64.0	172	19.0	24.0	10.0	3.0
Promedio			0.0	0.0	23	20	21	17.47	15.90	14.52	378	253	1.258	860	184	622	272	60	608	69	298	272	119	4.3	24.8	0.014	0.3	7.3	943	368	92.0	90.0	204	29.0	34.0	17.0	3.0

TABLA II

DATOS ANALITICOS DE LAS AGUAS NEGRAS
(MUESTRAS REPRESENTATIVAS DE 24 HORAS)

NUM. DE MUESTRA	FECHA	HORA	METEOROLOGIA				TEMPERATURA DEL AEROSOL			AFOROS		DEMANDAS DE BIOMASA		SOLIDOS					FORMAS DE NITROGENO			CARACTERISTICAS FISICO-QUIMICAS							POLUCION TIB. ppm								
			TEMPERATURA AMBIENTE °C		LUVIA mm	TEMPERATURA DEL AEROSOL °C			Máximo	Mínimo	M.O.	P.C.V.	D.C.O.	SOLIDOS TOTALES ppm		SOLIDOS FIJOS ppm		SOLIDOS VOLATILES ppm			NH ₄ ⁺ mg/l	NO ₂ ⁻ mg/l	NO ₃ ⁻ mg/l	pH	CE mg/L/m	DSC - como CaCO ₃ ppm	Cl ⁻ ppm	SO ₄ ⁻² ppm		Sodio ppm	Calcio ppm	Magnesio ppm					
			Máximo	Mínimo		Máximo	Mínimo	M.O.						Totales	Disueltos	Insolubles	Totales	Disueltos	Insolubles																		
(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)	(28)	(29)	(30)	(31)	(32)	(33)	(34)	(35)	(36)	(37)	
1967																																					
1	21	11	20-20	10-3	0.0	0.0	22	17	19	17.60	14.20	16.40	321	247	1 218	1 278	230	798	648	64	818	630	188	3.3	33.0	0.015	0.3	7.8	1 600	366	230.0	64.0	351	30.0	23.0	3.4	
2	25	11	20-24	11-1	0.0	0.0	22	18	19	18.55	14.00	15.17	349	308	1 300	1 004	296	734	648	164	368	376	152	5.0	35.0	0.015	0.3	8.1	1 500	332	192.0	80.0	318	35.0	16.0	6.0	
3	7	11	20-26	10-1	0.0	7.7	23	18	20	16.20	12.56	13.17	328	533	1 456	1 260	196	964	892	52	312	368	144	6.0	32.0	0.015	0.5	8.3	1 300	348	229.0	70.0	338	37.0	25.0	5.7	
4	14	11	21-27	11-3	0.0	0.0	23	16	20	17.27	11.90	16.79	227	277	1 322	1 264	68	956	448	8	376	336	68	5.0	30.0	0.020	0.5	8.0	1 390	386	220.0	108.0	362	38.0	30.0	4.1	
5	20	11	20-21	10-2	0.0	2.2	25	18	20	17.25	11.25	14.81	287	380	1 352	1 316	236	1 112	1 016	96	416	300	140	6.0	25.0	0.020	1.2	7.9	1 600	384	260.0	82.0	356	24.0	29.0	6.1	
6	4	11	20-23	8-4	0.0	0.0	23	18	20	16.89	12.83	14.67	220	664	1 352	1 336	156	1 200	1 184	20	368	312	136	3.1	25.0	0.020	1.0	7.3	1 560	322	181.0	104.0	316	32.0	32.0	4.4	
7	11	11	20-24	11-5	0.0	0.0	25	18	21	17.90	12.83	14.73	361	35	1 368	1 054	312	772	824	148	396	232	164	7.5	25.0	0.008	0.5	7.9	1 590	348	196.0	158.0	352	32.0	28.0	4.7	
8	18	11	20-23	12-3	0.0	7.7	23	19	21	18.35	8.20	11.98	370	91	1 686	1 378	468	1 082	514	88	684	364	320	7.5	25.0	0.020	1.2	8.0	1 400	398	230.0	58.0	360	48.0	18.0	6.3	
9	25	11	20-20	10-6	0.0	0.0	25	20	23	16.98	11.90	14.30	270	184	1 404	1 098	302	326	370	136	478	384	176	6.5	25.0	0.011	1.2	7.5	1 600	362	212.0	70.0	325	32.0	30.0	3.8	
10	2	11	20-24	13-8	0.7	12.5	23	18	21	18.20	10.50	15.83	300	267	1 424	1 266	156	980	892	88	444	376	48	5.0	27.0	0.010	1.2	8.1	1 360	328	224.0	64.0	322	48.0	18.0	3.7	
11	9	11	20-20	13-4	0.0	0.0	23	19	21	16.20	12.86	15.00	309	135	1 414	1 182	232	582	758	124	532	424	168	5.0	26.0	0.020	1.0	7.9	1 460	324	232.0	58.0	309	27.0	31.0	3.1	
12	16	11	20-20	13-9	0.5	11.5	23	18	20	17.50	11.90	13.51	302	84	1 038	896	140	656	596	80	380	300	80	5.2	29.0	0.020	0.5	8.1	1 100	360	232.0	50.0	344	32.0	26.0	8.2	
13	4	11	20-23	11-5	0.5	11.6	27	19	23	17.66	15.23	17.22	192	163	1 684	1 308	376	1 080	932	88	684	596	168	5.0	25.0	0.008	0.5	7.5	1 700	320	260.0	74.0	373	37.0	29.0	8.8	
14	20	11	20-23	10-8	2.6	18.8	24	19	21	18.80	13.23	17.15	182	70	1 864	1 302	332	1 308	1 144	164	536	396	162	8.0	25.0	0.020	0.5	7.5	2 200	620	260.0	80.0	400	25.0	30.0	17.6	
15	4	11	20-24	10-12	0.2	10.8	23	19	20	16.89	11.60	15.09	382	254	1 004	958	246	244	336	136	408	300	108	3.5	25.0	0.020	0.5	8.3	1 200	426	180.0	84.0	279	30.0	23.0	18.2	
16	12	11	20-23	10-8	0.1	13.2	24	19	22	16.95	12.60	16.26	244	122	1 246	958	248	340	804	124	348	144	144	6.0	25.0	0.020	0.5	8.0	1 300	426	180.0	68.0	300	29.0	25.0	16.2	
17	8	11	20-24	10-9	0.0	25.3	22	19	20	16.63	14.40	16.82	206	664	1 540	1 236	284	1 080	964	196	620	392	88	3.0	17.5	0.005	0.5	8.1	1 000	426	224.0	64.0	314	30.0	7.0	18.4	
18	16	11	20-21	10-8	22.8	63.4	22	19	20	16.63	17.23	16.79	319	607	1 322	1 124	202	216	790	84	504	370	122	2.8	22.0	0.020	0.4	8.0	2 200	346	260.0	120.0	532	33.0	19.0	15.8	
19	29	11	20-20	10-8	18.1	74.9	22	19	20	16.98	13.20	13.64	125	270	1 268	1 054	112	1 244	1 036	88	524	370	24	1.6	22.0	0.020	0.4	8.5	1 600	630	326.0	80.0	548	37.0	18.0	10.8	
20	12	11	20-21	10-11	2.3	26.7	22	17	20	16.54	18.60	17.01	318	281	1 644	1 380	264	1 124	980	144	520	408	120	3.0	23.0	0.020	0.4	8.3	1 800	632	360.0	88.0	306	29.0	27.0	16.8	
21	26	11	20-12	10-10	3.8	77.1	20	18	19	16.33	19.00	16.79	332	319	1 054	1 268	168	948	872	36	508	416	52	2.5	22.0	0.020	0.4	8.7	1 500	312	280.0	108.0	426	34.0	9.0	14.8	
22	10	11	20-18	10-7	11.3	48.9	21	18	19	16.20	13.80	16.13	302	601	1 352	1 290	72	980	980	32	360	320	40	3.0	20.0	0.020	0.4	8.9	1 600	448	240.0	104.0	314	34.0	17.0	8.1	
23	29	11	20-21	10-1-3	0.0	0.0	20	18	19	15.50	12.20	14.27	300	187	1 314	1 336	180	1 022	884	88	484	384	160	3.5	23.0	0.020	0.4	7.5	1 600	648	304.0	104.0	426	35.0	27.0	8.8	
24	14	11	20-15	10-5	0.0	8.9	20	18	19	16.40	14.29	16.23	268	325	1 360	1 180	240	904	824	52	376	288	128	3.5	23.0	0.020	0.4	8.1	1 400	536	296.0	96.0	361	32.0	32.0	15.8	
25	26	11	20-24	8-1-4	0.0	8.8	20	18	19	16.25	17.84	16.81	349	601	1 398	1 168	228	852	776	76	344	292	124	4.0	23.0	0.020	0.4	8.1	1 800	396	264.0	70.0	332	42.0	22.0	14.8	
RESUMEN GENERAL (1 + 25)																																					
Máximo						22.0	22	23		18.20	16.00	16.82	368	664	1 864	1 636	460	1 300	1 140	196	630	430	130	7.5	30.0	0.022	1.2	8.3	2 000	396	284.0	108.0	500	34.0	31.0	18.4	
Mínimo						0.0	16	19		12.40	8.20	11.23	134	35	1 032	960	68	906	68	8	360	24	1.6	7.5	22.0	0.005	0.3	7.5	1 000	448	180.0	44.0	278	25.0	7.0	2.1	
Promedio						2.6	23	20		16.89	15.20	16.07	302	260	1 424	1 260	230	938	844	94	480	364	146	6.5	24.2	0.021	0.8	8.1	1 360	365	250.0	84.0	383	37.0	24.0	10.5	
RESUMEN POR MUESTRA (1 + 9 + 23 + 25)																																					
Máximo						0.0	22	23		16.25	17.82	16.81	268	604	1 686	1 296	160	1 200	1 164	148	616	530	100	7.5	20.0	0.020	1.2	8.3	1 800	648	304.0	124.0	426	31.0	32.0	18.4	
Mínimo						0.0	20	18		12.40	8.20	11.23	131	35	1 032	964	68	906	68	8	360	24	1.6	7.5	22.0	0.005	0.3	7.5	1 400	396	180.0	44.0	278	25.0	16.0	2.1	
Promedio						0.0	23	20		17.44	12.90	14.99	349	314	1 412	1 179	240																				

TABLE III

CALIDAD DEL AGUA NEGRA DE LA CIUDAD DE MEXICO EN EPOCA DE ESTIAJE
EN LA ESTACION Km 6 + 250 DEL GRAN CANAL

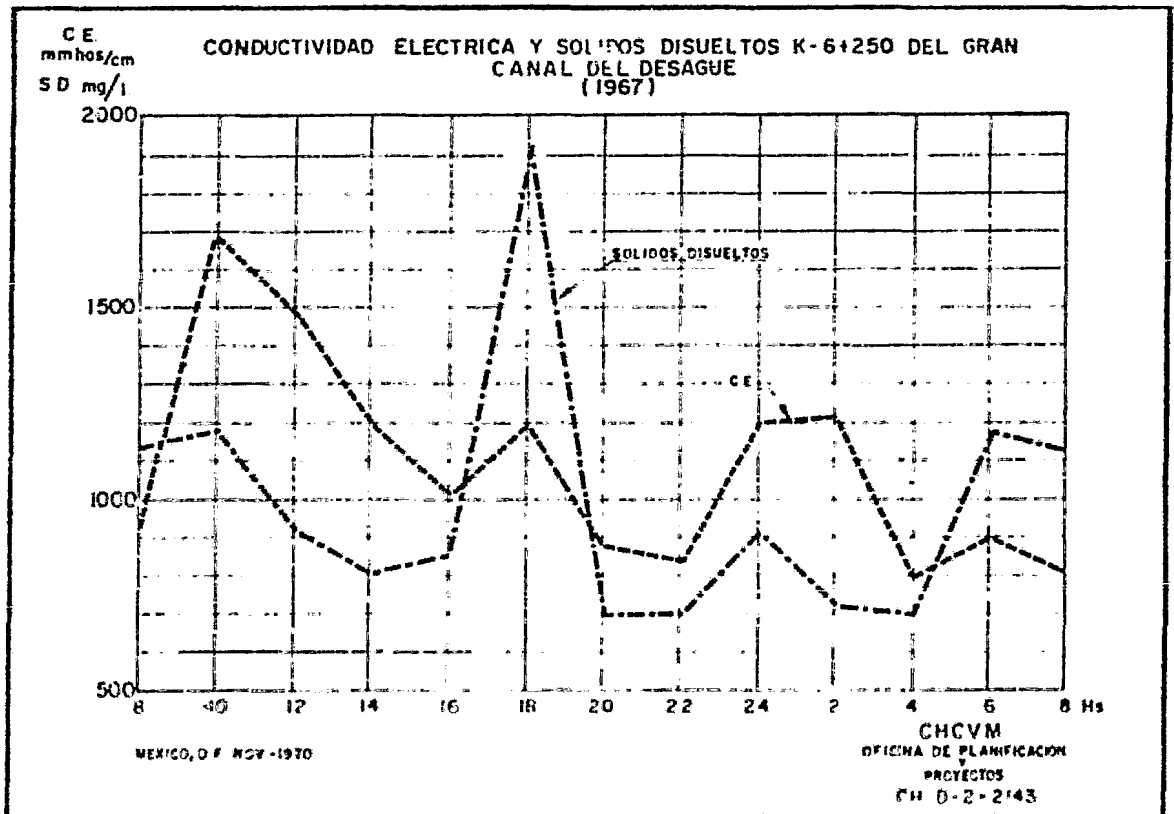
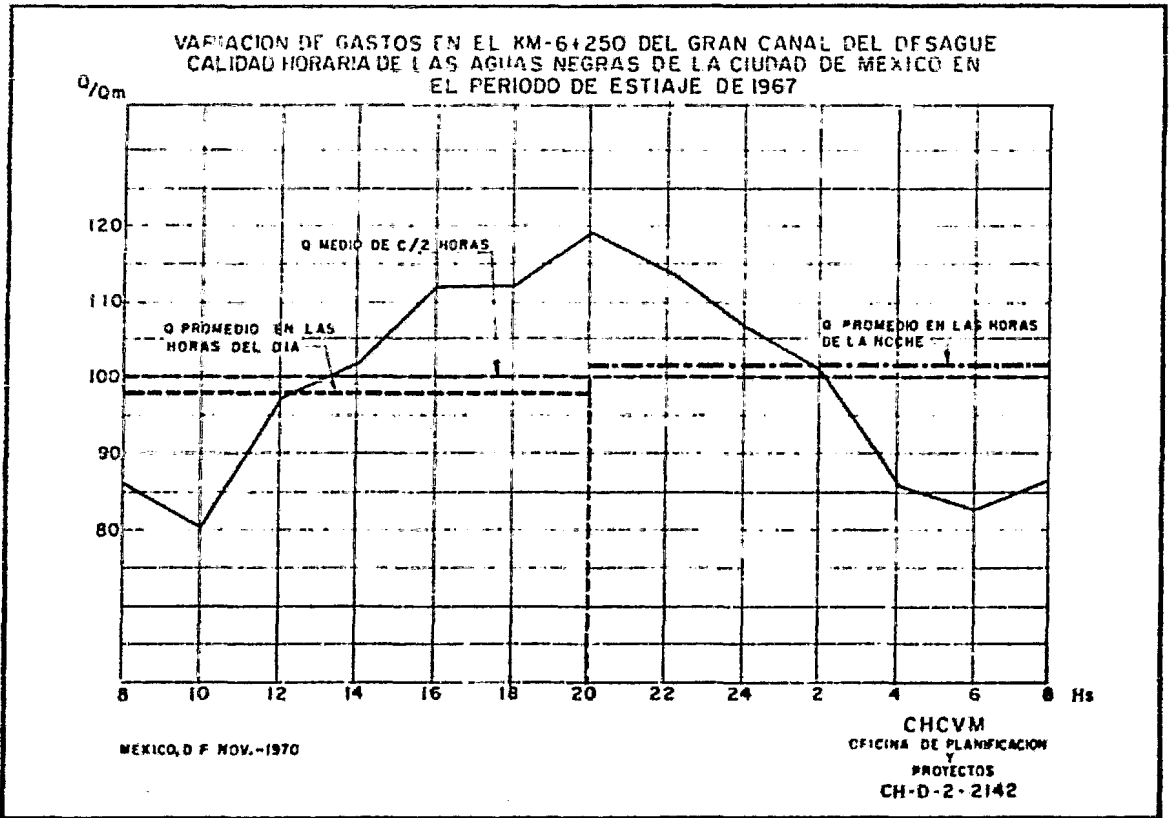
DETERMINACION ppm	P R O M E D I O S						
	1960*	1962	1963	1964	1965	1967	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	
D.B.O.	204.000	365.000	307.000	348.000	303.000	378.000	
O.D.			0.000	0.000	0.000		
D.2.O.	308.000	392.000	226.000	354.000	424.000	353.000	
Sólidos totales	930.000	1 097.000	1 198.000	1 258.000	1 703.000	1 058.000	
Sólidos disueltos		853.000	928.000	967.000	1 362.000	880.000	
Sólidos suspendidos	242.000	512.000	271.000	291.000	341.000	184.000	
IMHOFF ml/l	2.600	4.500	3.100	4.800	5.500	4.300	
	Orgánico	8.000	5.200	2.700	2.300	2.500	26.800
FORMAS DE NITROGENO	NH ₃	28.000	25.000	34.000	30.000	21.000	
	NO ₂ ⁻	0.005	0.017	0.015	0.020	0.023	0.016
	NO ₃ ⁻	0.300	0.100	0.100	0.200	0.200	0.500
pH	7.500	7.600	7.600	7.500	8.000	7.300	
CE mhos/cm	925.000	1 016.000	956.000	1 022.000	1 611.000	943.000	
Alcalinidad como CaCO ₃	372.000	385.000	418.000	391.000	556.000	398.000	
CO ₃ ²⁻				0.000	20.000		
HCO ₃ ⁻			510.000	476.600	637.000		
Cl ⁻	125.000	100.000	106.000	118.000	227.000	97.000	
SO ₄ ²⁻			87.000	88.000	84.000	90.000	
Na ⁺			202.000	239.000	336.000	204.000	
Ca ⁺⁺			30.000	26.200	37.000	27.000	
Mg ⁺⁺			35.000	25.800	25.000	31.000	
B			0.000	0.000			
ABS	9.300	14.500	21.300	22.800	22.200	10.500	
Orto PO ₄ ³⁻	-	28.000	34.000	76.400			
Fosf PO ₄ ³⁻	-	34.000	36.000	64.000			
Cr	0.003	0.004	0.004	0.007			
Cu	0.007	0.020	0.050	0.011			
CN ⁻	0.011	0.010	0.030	0.013			

* Los datos consignados corresponden a la Estación Km 6 + 500 Gran Canal.

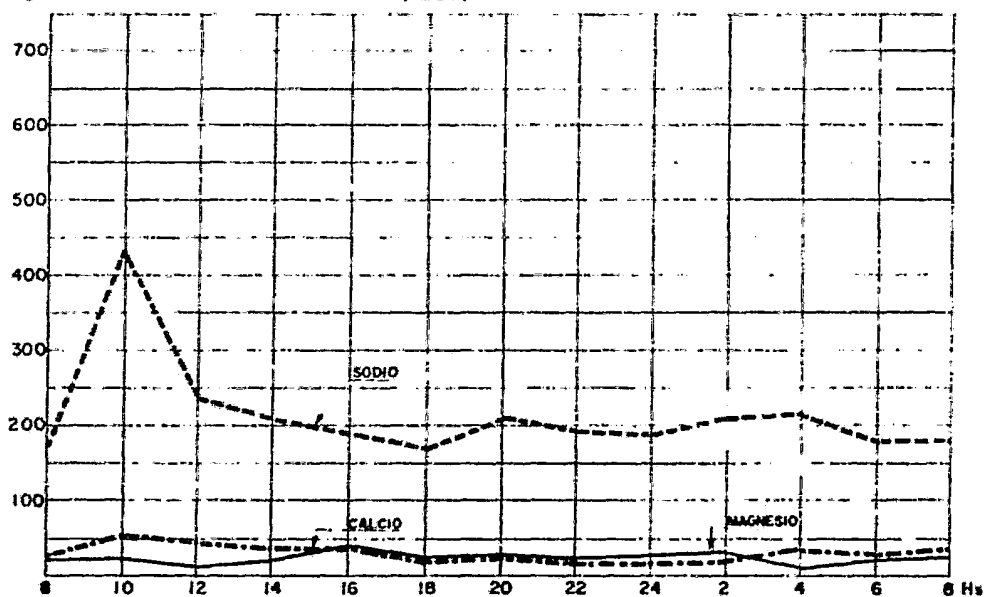
TABLA IV

CALIDAD DEL AGUA NEGRA DE LA CIUDAD DE MEXICO EN EPOCA DE ESTIAJE
EN LA ESTACION Km 27 + 000 DEL GRAN CANAL

DETERMINACION PPM	P R O M E D I O S					
	1960	1962	1963	1964	1965	1967
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
D.B.O.	197.000		235.000	395.000	303.000	345.000
O.D.			0.000	0.000	0.000	
D.Q.O.	296.000		239.000	371.000	424.000	316.000
Sólidos totales	1 004.000		1 619.000	1 786.000	1 703.000	1 413.000
Sólidos disueltos			1 240.000	1 488.000	1 362.000	1 172.000
Sólidos suspendidos	230.000		379.000	298.000	341.000	240.000
IMHOFF ml/l	2.800		3.200	4.400	5.500	5.300
	Orgánico		1.900	2.600	2.500	
FORMAS DE NITROGENO	NH ₃	8.400	28.000	22.900	21.000	27.000
	NO ₂ ⁻	0.005	0.020	0.017	0.023	0.022
	NO ₃ ⁻	0.400	0.200	0.400	0.200	0.700
pH	7.600		8.000	8.200	8.000	8.000
CE mahos/cm	972.000		1 534.000	1 753.000	1 611.000	1 567.000
Alcalinidad como CaCO ₃	395.000		568.000	581.000	556.000	555.000
CO ₃ ²⁻			24.000	32.000	20.000	
HCO ₃ ⁻			668.000	661.300	637.000	
Cl ⁻	156.000		256.000	283.700	227.000	233.000
SO ₄ ²⁻			100.000	79.700	84.000	89.000
Na ⁺			388.000	403.000	336.000	357.000
Ca ⁺⁺			32.000	35.200	37.000	39.000
Mg ⁺⁺			31.000	23.500	25.000	25.000
B			0.000	0.000		
ABS	7.600		19.800	21.100	22.200	7.500
Orto PO ₄ ³⁻	-		38.000	35.000		
Fosf. PO ₄ ³⁻	-		41.000	29.000		
Cr	0.003		0.001	0.004		
Cu	0.006		0.010	0.005		
CN ⁻	0.005		0.003	0.009		



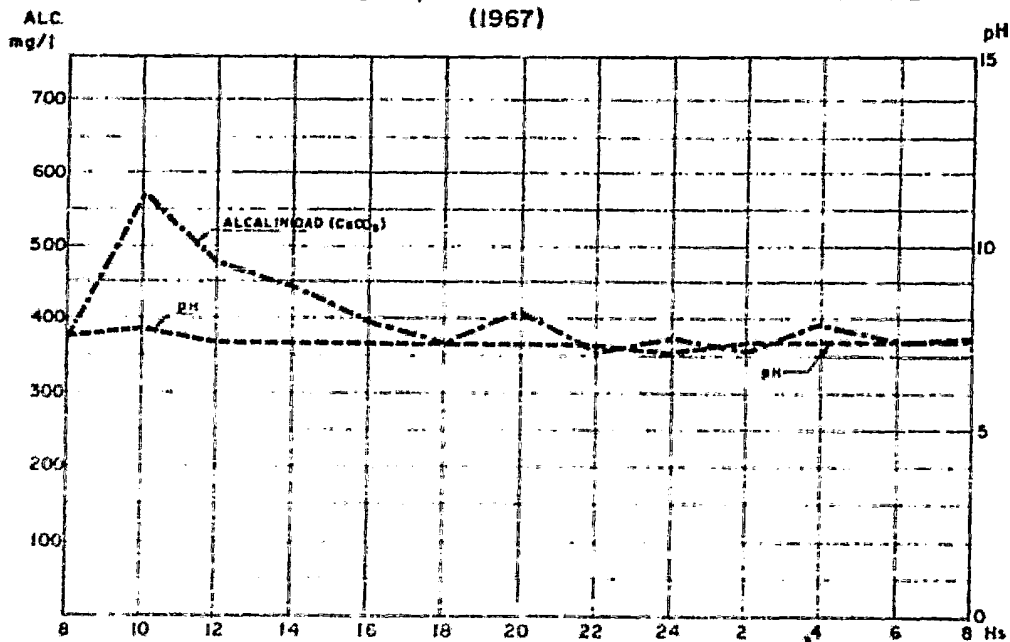
CONCENTRACIONES DE SODIO, CALCIO Y MAGNESIO. KM 6+250 DEL GRAN CANAL DEL DESAGÜE (1967)



MEXICO, D F NOV -1970

CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
Y
PROYECTOS
CH-D-2-2145

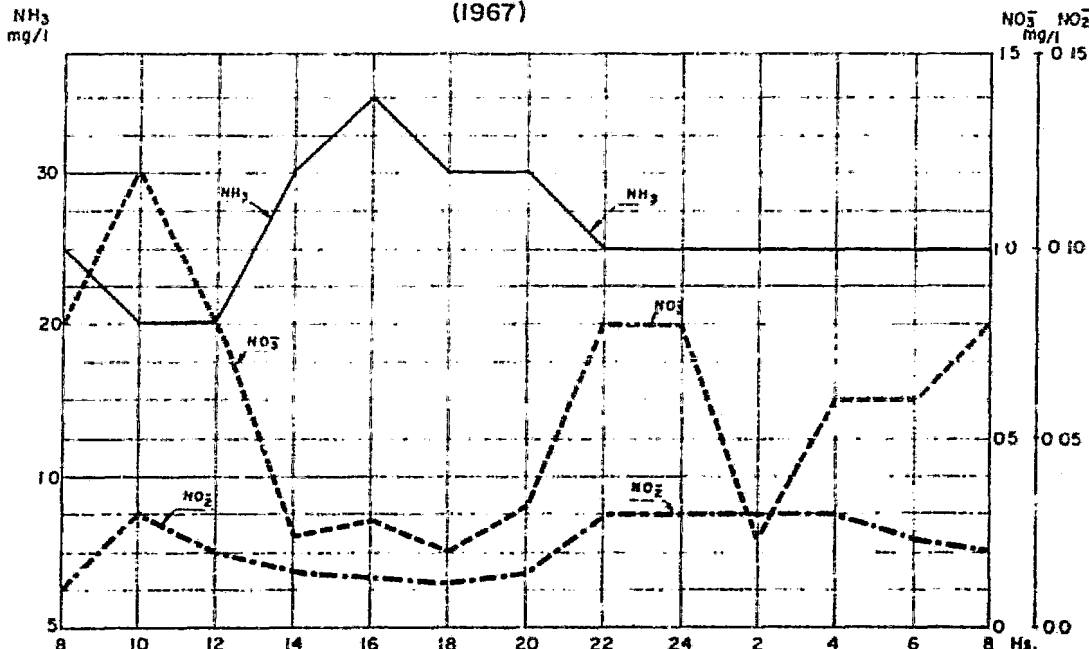
ALCALINIDAD (CaCO₃) Y pH KM-6+250 DEL GRAN CANAL DEL DESAGÜE (1967)



MEXICO, D F NOV -1970

CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
Y
PROYECTOS
CH-D-2-2146

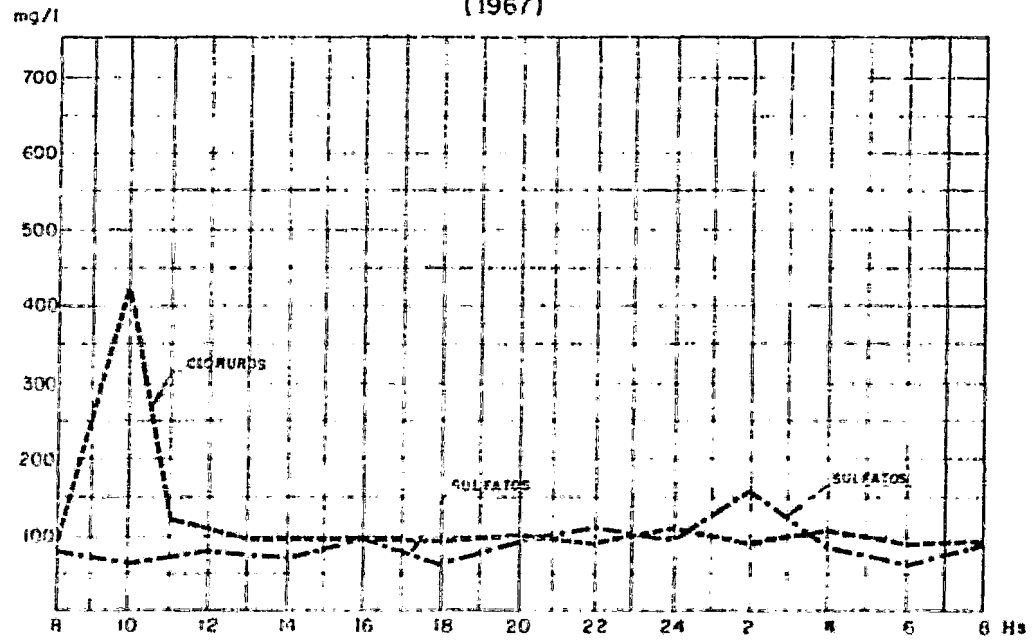
FORMAS DE NITROGENO KM-6+250 DEL GRAN CANAL DEL DESAGUE
(1967)



MEXICO, D.F. NOV - 1970

CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
Y
PROYECTOS
CH-D-2-2147

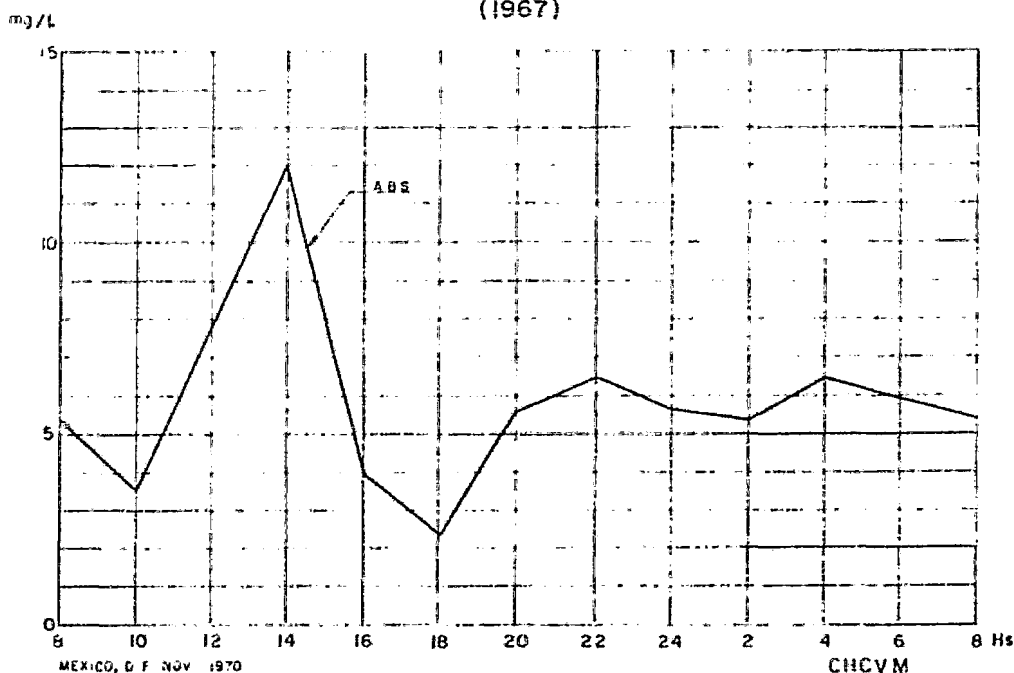
CLORUROS Y SULFATOS KM-6+250 DEL GRAN CANAL DEL DESAGUE
(1967)



MEXICO, D.F. NOV - 1970

CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
Y
PROYECTOS
CH-D-2-2148

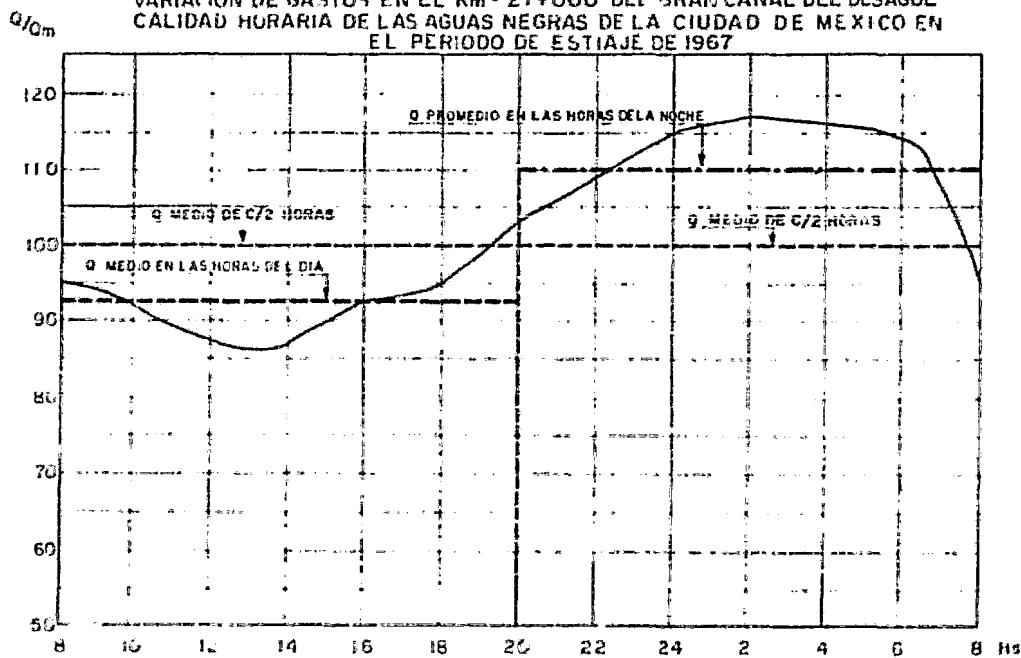
CONCENTRACION DE DETERGENTES (A B S) KM+250 DEL GRAN CANAL DEL DESAGUE (1967)



MEXICO, D.F. NOV 1970

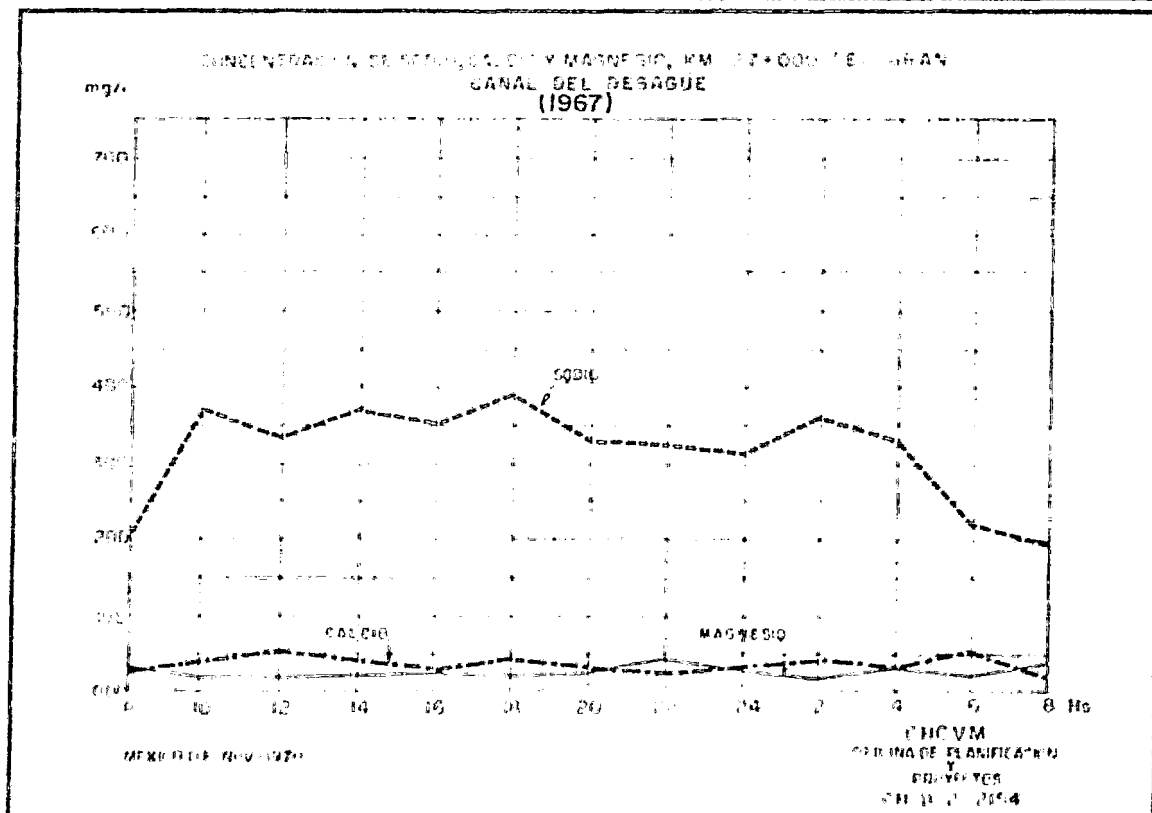
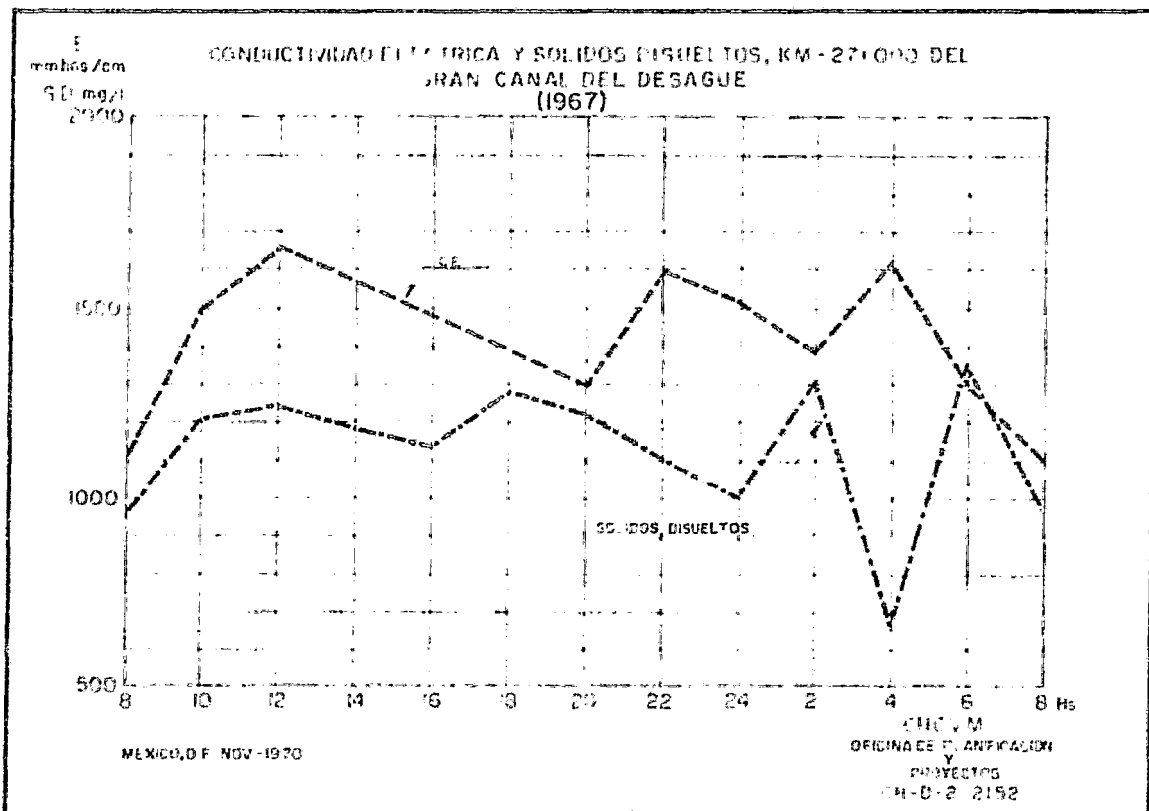
CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
PROYECTOS
CH-D-2-2149

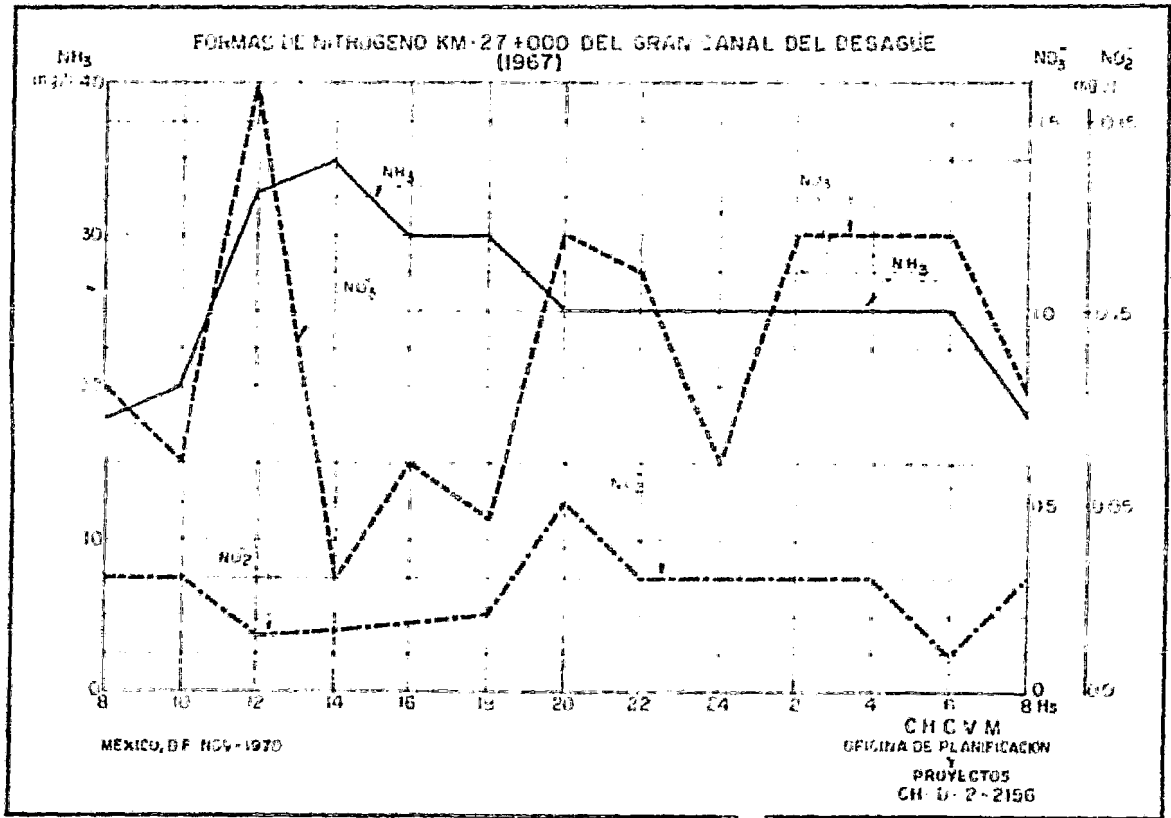
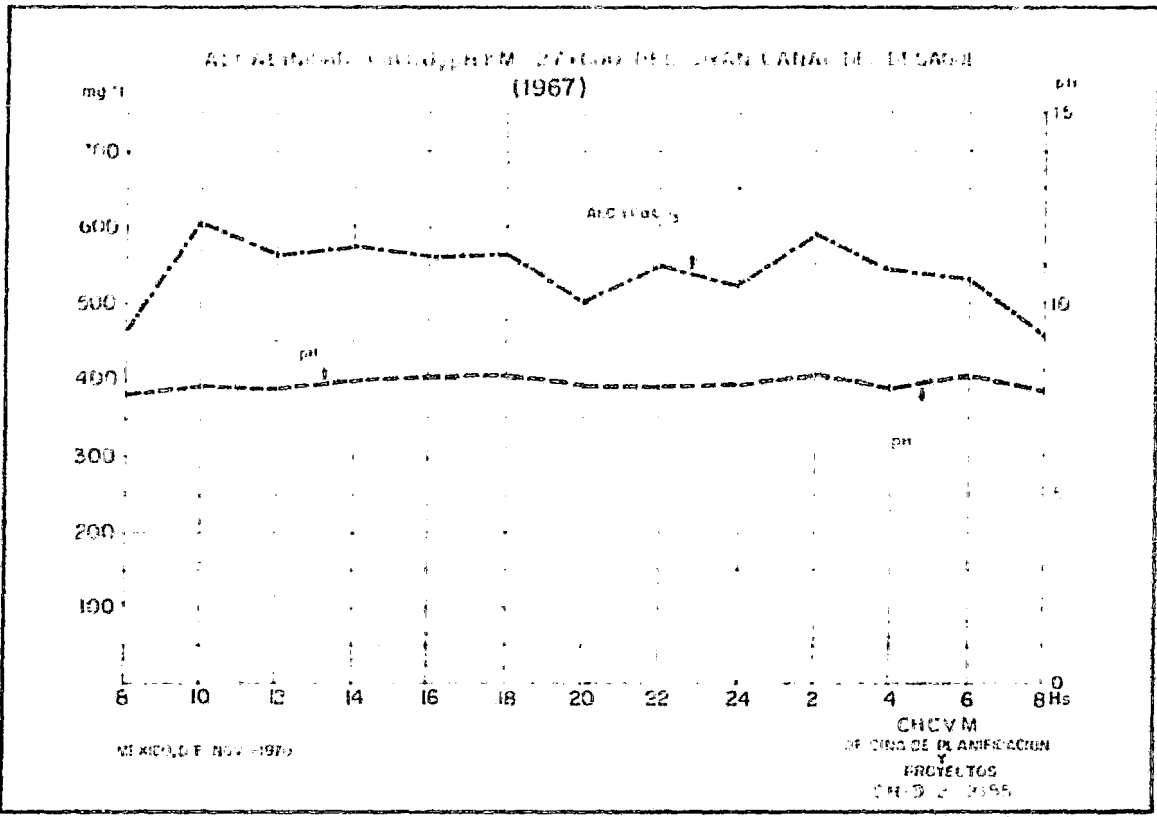
VARIACION DE GASTOS EN EL KM+27+000 DEL GRAN CANAL DEL DESAGUE CALIDAD HORARIA DE LAS AGUAS NEGRAS DE LA CIUDAD DE MEXICO EN EL PERIODO DE ESTIAJE DE 1967

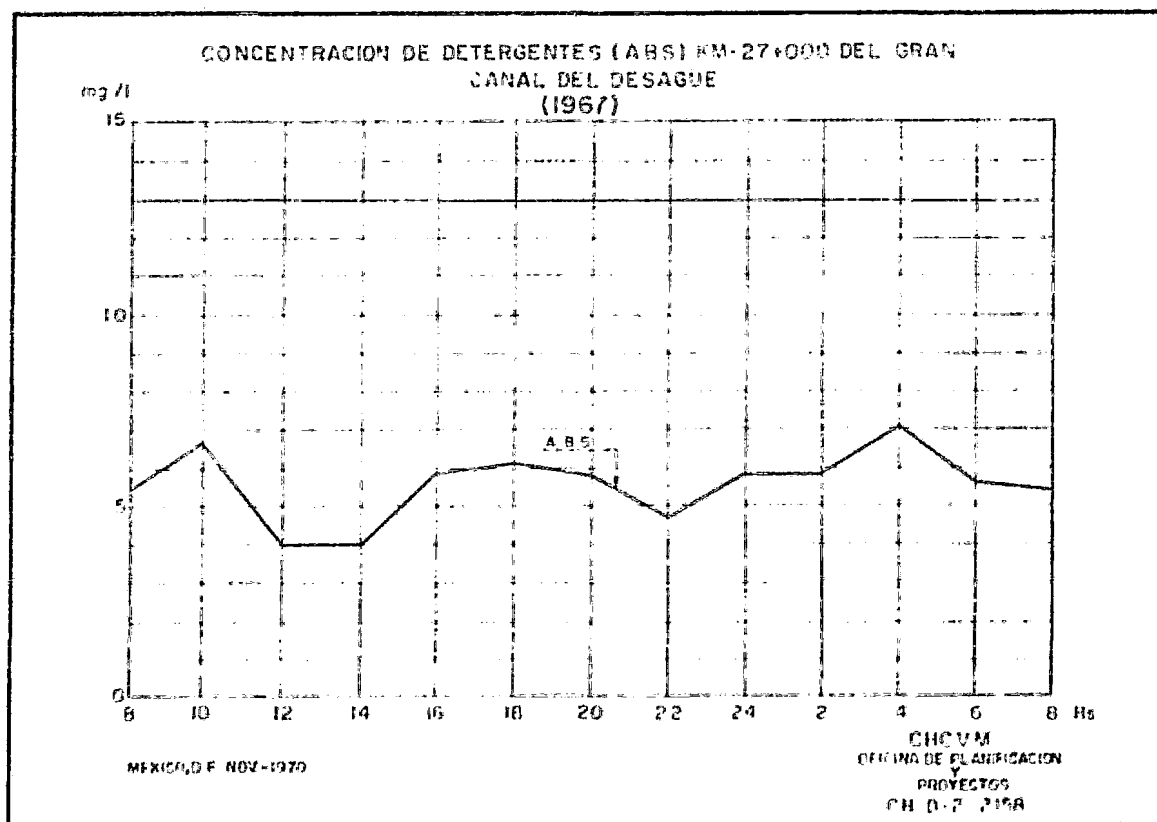
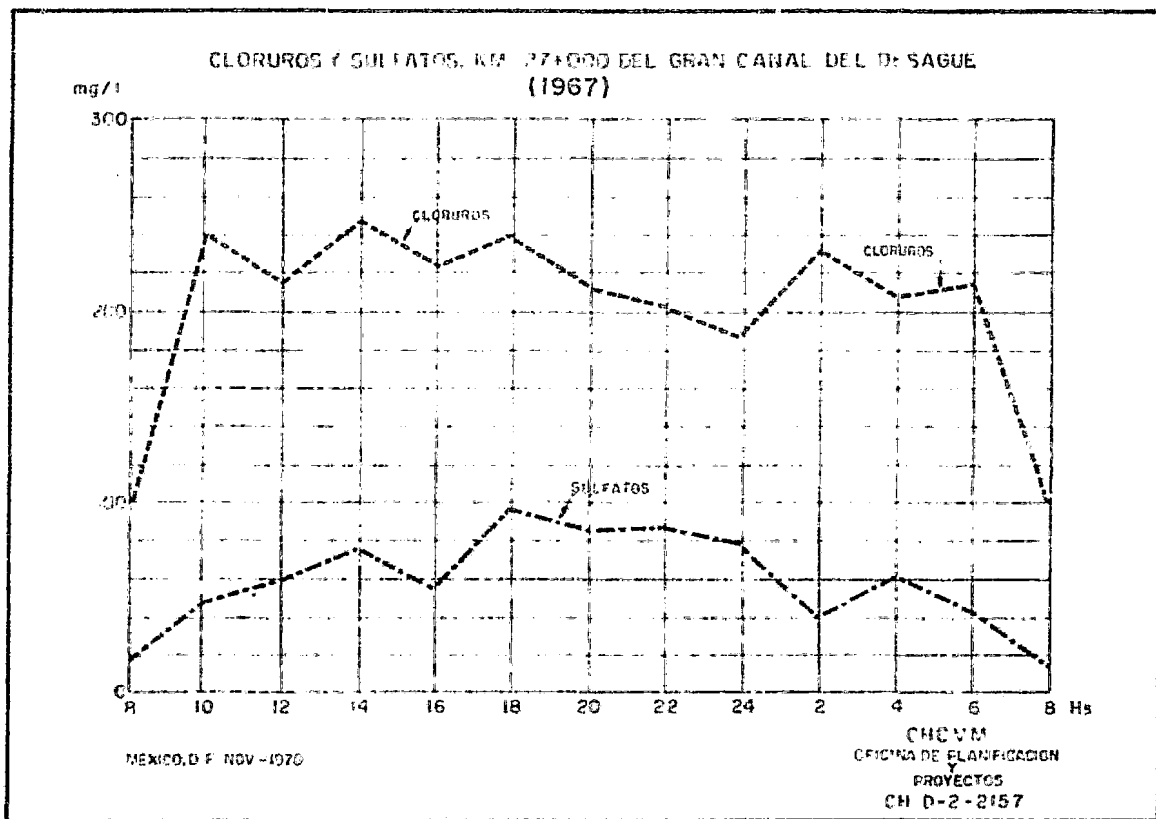


MEXICO, D.F. NOV 1970

CHCVM
OFICINA DE PLANIFICACION
PROYECTOS
CH-D-2-2151







C A P I T U L O V I I

CONCLUSIONES.

En los lugares donde existen plantas de depuración de aguas negras, los niveles de concentración de ABS no llegan normalmente a valores que puedan ser apreciablemente peligrosos para la vida acuática o la germinación de las semillas. Sin embargo según los datos presentados, el nivel de concentración en el que los detergentes pueden afectar a los peces es relativamente bajo, por lo que esta concentración debe estar siempre bajo control. Esto aunado a los problemas de espumaje que provocan los detergentes domesticos en las plantas de depuración de aguas negras, así como en los ríos y cascadas, ha traído como consecuencia que países donde existe un alto nivel económico y una alta densidad de población que impone la necesidad del rehuso del agua disponible, hayan estimulado el desarrollo de la tecnología del tratamiento de aguas negras y de la producción de detergentes del tipo biodegradables como una posible solución.

Es importante el hecho de campañas educativas a nivel nacional en la que toma parte muy activa la Secretaria de Educación Pública, en coordinación con los sectores públicos y privados interesados en el problema, de manera que en los distintos niveles educativos desde la enseñanza primaria hasta los estudios superiores se forme en el educando conciencia sobre los problemas hombre en relación con su medio ambiente.

Además se ha recurrido a todas las medidas de difusión que existen para hacer llegar al público en general mensajes específicos sobre las formas de enfrentar y resolver los problemas que origina la contaminación del agua.

También el establecimiento de programas de largo alcance sobre la detección y estudio de la contaminación del agua, teniendo en cuenta la planeación del uso racional de los recursos hidráulicos.

Ampliar e intensificar los estudios e investigación sobre nuestros lagos, mares y corrientes superficiales, así como los agentes contaminantes de las industriales y de los sistemas de alcantarillado de las poblaciones, de suerte de tener un conocimiento cabal de los problemas de la contaminación y la aplicación de el plan nacional de control de calidad del agua. Al respecto, se considera conveniente que con los datos de la Secretaria de Recursos Hidráulicos se formen curvas de frecuencia de gastos de las corrientes principales para conocer su capacidad de dilución.

En vista de que los estudios e investigaciones requieren de un tiempo consi-

derable, y tomando en cuenta que hay problemas urgentes por resolver, es necesario que se apliquen a la brevedad posible las normas de calidad del agua para los efluentes industriales y de aguas residuales municipales, así como para los cursos receptores de agua, para estar en condiciones de aplicar de inmediato la Ley Federal para prevenir y controlar la contaminación ambiental.

Asimismo, será necesario fomentar la preparación de personal idóneo a incrementar el número de laboratorios móviles y regionales.

Considerando el daño que causan en los suelos los detergentes sintéticos a base de alquilbencensulfonato (ABS), se recomienda a las autoridades federales que, previa consideración de los efectos tóxicos de los detergentes alquil sulfonato lineal o similares, se busque la forma de prohibir la producción de detergentes no degradables como el citado (ABS).

Los métodos descritos para la evaluación de la contaminación dan solo información de la desaparición de la molécula del detergente. Puede suponerse que las moléculas de detergente hayan sido solo parcialmente descompuestas, aunque en un grado tal que no pudieran ser identificadas.

Ya que la biodegradación involucra la conversión de una molécula orgánica a una parte constitutiva de una célula, una muestra del efluente tratado no debería mostrar fracciones grandes de las moléculas del surfactante. Para establecer este punto, el efluente del tanque de asentamiento debe ser pasado por un lecho de carbón activado. Las sustancias orgánicas absorbidas en el carbón deben ser entonces desorbidas por extracción con cloroformo.

El cloroformo es entonces evaporado para dejar el extracto, y este es analizado por métodos espectrofotométricos para buscar las especies que es lógico se encuentren, tales como anillos bencénicos en el ABS degradado o aductos de nonil fenol con óxido de etileno. Si no se encuentran signos de la presencia de estas sustancias en el extracto, entonces el detergente es realmente degradable. Sin embargo, las determinaciones de biodegradabilidad por los métodos de azul de metileno para los aniónicos, y desaparición de espuma para los iónicos, pueden resultar buenos desde un punto de vista práctico.

Como observamos en las tablas y graficas a venido en aumento la cantidad de ABS (ppm) en las aguas negras, aunque hay ligeras variaciones en las cuales se observa un aumento y descenso de ABS en las aguas negras.

C A P I T U L O V I I I

BIBLIOGRAFIA.

- 1.- Kelley M. Robert, "Detergents", ed., by Foster Dee Snell and Leslie S. Ettre. Encyclopedia of industrial chemical analysis, vol. 11, Interscience Publishers, a division of John Wiley & Sons, Inc, New York, --- 1971, pp. 322 - 406.
- 2.- A. M. Schwartz, "Detergency" in A. Standen, ed., "Kirk - Othmer. Encyclopedia of chemical technology, vol. 6, 2nd. ed., Interscience ----- Publishers, a division of John Wiley & Sons, Inc., New York, 1965, --- pp. 853 - 859 .
- 3.- Kent, A. J. "Quimica Industrial", Ediciones Grijalbo, S.A., México --- 1964. pp. 517 - 538 .
- 4.- LAS biodegradability reviewed. JAOCS. March (1980) 284-A
- 5.- Rogers, R. Morris and Kaplan M. Arthur. Biodegradation of some sulphur analogues of sodium p-(n-Dodecyl) benzene sulfonates. Journal of the - American oil Chemists society. December (1974) 254 - 261 .
- 6.- Lloyd, I. Osipow, "Surface and Interfacial tension", ed by Foster Dee Snell and Leslie S. Ettre. Encyclopedia of Industrial Chemical Analysis, vol. 3 . Interscience Publishers, a division of John Wiley & Sons, Inc, New York, 1971, pp. 587 - 591.
- 7.- Subcommittee on biodegradacion test methods of the soap and detergent - asociation. J. Am. Oil. Chem. Soc. (42), 986 1965.
- 8.- ASTM D 2667-70, Standard test Method for Biodegradability of alkylbenzene sulfonates, American Society for Testing and Materials, ----- Philadelphia, Pa. 1975
- 9.- Heyman and Molot, Biodegradation of linear alkylated sulfonates, ----- Environ Sci. and Technol., 2(10), 773-d, (1968)., (Chem. Abstr. 69: --- 93959g, 1968).

- 10.-- Ciattoni, Seardigno, Biodegradability of straight chain sodium ABS, Riv. Ital. Sostanze Grasse, 45 (1), 15-26, (1968). (Chem. Abstract -- 69: 11631g, 1968).
- 11.-- ASTM D 2330-68, Standar test Methods for alkyl benzene sulfonate in water, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, Pa., 1974.
- 12.-- Elbid, L. A. Testing biodegradability of detergents soap and Chem. -- Spec., 59 - 63, 109-112, Jun (1963).
- 13.-- I. G. Ramirez Clementina, Capitulo V. Sustancias activas al azul de -- metileno (DETERGENTES). Analisis de aguas y aguas de desecho. Vol. 5 Secretaria de Recursos Hidraulicos.
- 14.-- R. D. Swisher. Surfactant Biodegradation. Marcel Dekker, Inc., New -- York. APHA. AWWA. WPCF. Standard Methods for the Examination of water and wastewater. 13th. Edicion, 1972.
- 15.-- Clair N. Sawyer y Perry L. Mc Carty. Chemistry for Sanitary Engineers. Mc. Graw Hill Book. Koga Kusha, 1967.
- 16.-- Instituto de Ingenieria y Direccion de Prevencion de Contaminaciones. Evaluacion de los Estudios sobre ABS y LAS y sus efectos en la Agricultura y la Fauna.
- 17.-- U.S. Environmental Protection Agency. Methods for Chemical Analysis of Water and Wastes, 1974.
- 18.-- Gaudy, Jr Antony F., Charper 13. Biochemical Oxygen Demand. Water -- Treatment for industrial and other uses.
- 19.-- Ridley, J. E. and Symons, J. M. Cap. 17. New Approaches to water -- Quality control in Impoundments. Water Pollution Microbiology. Ed. -- Ralph Michell. Wiley-Interscience (1972).

- 20.-- Alabaster, J. S., Aquatic Toxicology: A New Element in the Safety testing of Surfactants. J. Am. Oil. Chem. Soc. (55) 181, 1978.
- 21.-- Murgia Vaca Ernesto. Effect of water pollution on plants and animals. Semin. Evaluación Contam. Ambiental, Ist. 79-92 (1972). (Chem. Abstract 78: 114951b, 1973).
- 22.-- Cano Vicario, A. Problemas de contaminación del Agua, IMRNR Mesas — Redondas sobre problemas del agua en México. México (1965).
- 23.-- Cano, Vicario, A. Investigación del efecto que produce en los cultivos y en el ganado el empleo de aguas contaminadas con detergentes. México. (1970).
- 24.-- W. H. Sleep. Cap. 10. Soap and Synthetic Detergents. Longmann de — Bussy Materials and Technology vol. 5 pp. 272-316 (1977).
- 25.-- H. E. Garrett. Surface Active Chemicals. Cap. 2 Soap and Detergents. Pergamon Press (1975).
- 26.-- Bunch, R. L. The eutrophication control program of the organization for economic cooperation and development. AIChE Symposium series (1972).
- 27.-- Estadísticas Industriales mensuales (1981) Secretaria de Programación y Presupuesto coordinación general de los servicios nacionales de geografía, estadística e Informática. Dirección General de Estadística.
- 28.-- Castellan, W. Gilbert. Fisicoquímica. Cap. 18 Fenómenos Superficiales Fondo Educativo Interamericano, S.A. (1975).