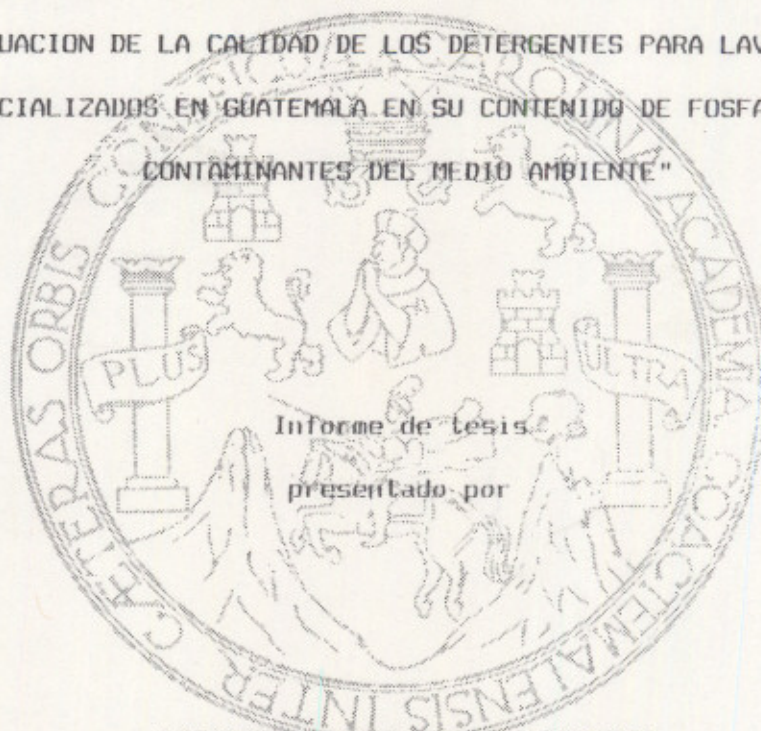


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUIMICA

"EVALUACION DE LA CALIDAD DE LOS DETERGENTES PARA LAVANDERIA
COMERCIALIZADOS EN GUATEMALA EN SU CONTENIDO DE FOSFATOS COMO
CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE"



Informe de tesis
presentado por

LIZARDO AMELGAR PEREZ CONSUEGRA

Para optar al título de

Licenciado en Química

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

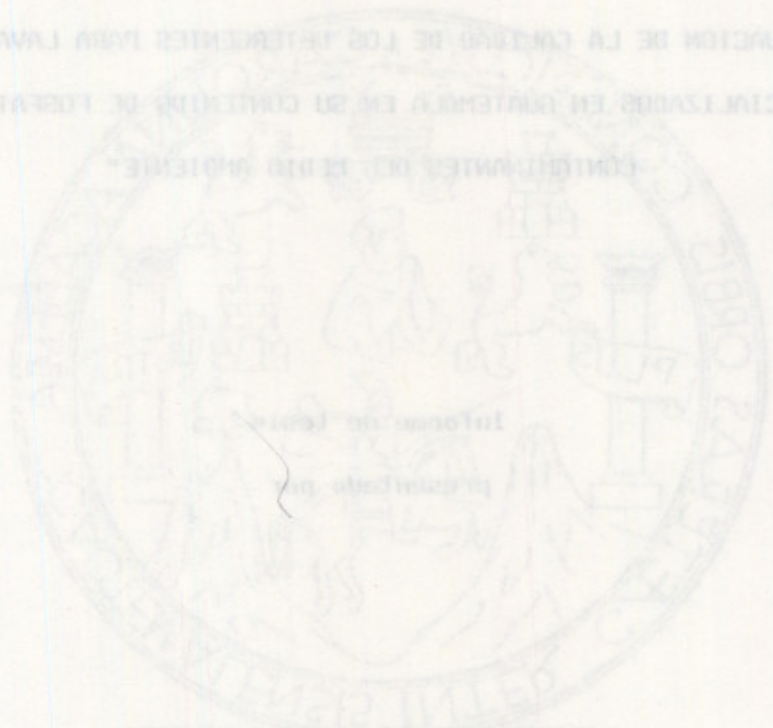
Guatemala, marzo de 1994

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Biblioteca Central

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIA
ESCUELA DE QUÍMICA

EVALUACION DE LA CANTIDAD DE LOS RESIDUOS PARA LAVANDERIA
CONJUNTA EN UN HOTEL EN SU CONTINENTE DE FOSFATOS COMO

CONTAMINANTES DEL MEDIO AMBIENTE



TESORO ANTONIO PEREZ CARRERA

Para optar al título de

Licenciado en Química

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPARTAMENTO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

Guatemala, marzo de 1999

PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO
BIBLIOTECA CENTRAL



DL
06
T(1197)

FACULTAD DE CC. QQ. Y FARMACIA

Edificio "T-12"

Ciudad Universitaria, Zona 12
Guatemala, Centroamérica

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE CIENCIAS QUIMICAS Y FARMACIA

DECANA	LICDA. CLEMENCIA DEL PILAR GALVEZ DE AVILA
SECRETARIO	LIC. JOSE FRANCISCO MONTERROSO SALINAS
VOCAL I	LIC. JORGE RODOLFO PEREZ FOLGAR
VOCAL II	LICDA. THELMA ESPERANZA ALVARADO DE GALLARDO
VOCAL III	LIC. MIGUEL ORLANDO GARZA SAGASTUME
VOCAL IV	BR. JORGE LUIS GALINDO AREVALO
VOCAL V	BR. EDGAR ANTONIO GARCIA DEL POZO

/bid

1970



FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y FARMACIAS
JUNTA DIRECTIVA DE LA

DECANA	LICDA. CLEMENCIA DEL PILAR GALVEZ DE AVILA
SECRETARIO	LIC. JOSE FRANCISCO MONTEROSO SALINAS
VOCAL I	LIC. JORGE RODOLFO PEREZ FOLGAR
VOCAL II	LICDA. THELMA ESPERANZA ALVARADO DE GALLARDO
VOCAL III	LIC. MIGUEL ORLANDO GARZA SAGASTUME
VOCAL IV	SR. JORGE LUIS GALINDO AREVALO
VOCAL V	SR. EDGAR ANTONIO GARCIA DEL POZO

DEDICATORIA A

mis "hijos": Débora Rosemary(1), Héctor Jacobo(2), Alan Emanuel(3) y Sandra Lisette(6)

mis hermanos: Susana, Sergio, Anabella y Jacobo

mis padres: Silverio Pérez y Matilde Consuegra de Pérez

mis "hermanos de la universidad": Marisa, Frances, Carlos(Barillas), Carlos(Alvarado), Franz, Abraham, Juan Francisco, Fernando("Iginio") y Leonel

AGRADECIMIENTOS A

licenciada Elsa C. de Reyes

licenciada Judith V. de Castro

Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social, LUCAM

todo el personal del Laboratorio, en especial: licenciado Roberto Benavides, licenciada Ericka Soto, Blanca Luz Bolaños, Edgar Hernández, Arturo Cifuentes, Leonel Estrada y Eleonora Polanco, así como las licenciadas María De Los Angeles Monterroso y Alba Aceituno

las autoridades de la División de Registro y Control de Alimentos y Medicamentos de la Dirección General de Servicios de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social

licenciada Thelma A. de Gallardo

y las cadenas de supermercados del país, en especial Corporación Paiz, por su colaboración

RECOMENDACIONES A

los "mejores" (Boris Rodrik, Victor Jacobson, Alan Emmanuel) y Sandoz (Luis)

los "mejores" (Boris Rodrik, Victor Jacobson, Alan Emmanuel) y Sandoz (Luis)

los "mejores" (Boris Rodrik, Victor Jacobson, Alan Emmanuel) y Sandoz (Luis)

los "mejores" (Boris Rodrik, Victor Jacobson, Alan Emmanuel) y Sandoz (Luis)

RECOMENDACIONES A

Licenciada Elsa L. de Reyes

Licenciada Judith V. de Castro

Laboratorio Nacional de Control de Alimentos y Medicamentos del Ministerio de Salud
Política y Asistencia Social, LDCM

todo el personal del Laboratorio, en especial: licenciado Roberto Benavides,
Licenciada Erica Soto, Blanca Luz Bolaños, Edgar Hernández, Arturo Cárdenas, Leonel
Estrella y Elvira Polanco, así como las licenciadas María de los Angeles Martínez y
Alba Acuña

las autoridades de la División de Registro y Control de Alimentos y Medicamentos de la
Dirección General de Servicios de Salud del Ministerio de Salud Pública y Asistencia
Social

Licenciada Inés A. de Gallardo

Y las cadenas de supermercados del país, en especial Corporación Falco, por su
colaboración

INDICE

	Página
1. RESUMEN	2
2. INTRODUCCION	4
3. ANTECEDENTES	6
3.1 Aspectos Generales	6
3.2 Los Fosfatos como Aditivos Formadores (builders) en los Detergentes Formulados	10
3.3 Los Fosfatos como Contaminantes Ambientales	14
3.4 Métodos de Análisis para la Determinación de Fosfatos en los Detergentes Formulados	24
3.5 Los Detergentes para Lavandería en el Mercado de Guatemala; consideraciones sobre el muestreo	26
4. JUSTIFICACIONES	32
5. OBJETIVOS	33
6. HIPOTESIS	34
7. MATERIALES Y METODOS	35
7.1 Universo de trabajo	35
7.2 Recursos humanos	35
7.3 Recursos institucionales	36
7.4 Recursos materiales	36
7.5 Método para la determinación de fosfatos totales	37
7.6 Diseño estadístico	40
7.7 Criterios para la asignación de los valores de los porcentajes de fosfatos	43
7.8 Análisis de resultados	43
8. RESULTADOS	46
9. DISCUSION	48
10. CONCLUSIONES	53
11. RECOMENDACIONES	54
12. REFERENCIAS	55
13. ANEXOS	57
13.1 Glosario técnico	58
13.2 Tablas	60
13.3 Gráfica de resultados	66
13.4 Listado de la procedencia de las muestras de los detergentes	67

INDICE

Página

1	1. RESUMEN
4	2. INTRODUCCION
6	3. ANTECEDENTES
6	3.1 Aspectos Generales
10	3.2 Los Fosfatos como Abitivos Formadores (outlets) en los Detergentes Formulados
14	3.3 Los Fosfatos como Contaminantes Ambientales
24	3.4 Métodos de Análisis para la Determinación de Fosfatos en los Detergentes Formulados
25	3.5 Los Detergentes para Lavandería en el Mercado de Guatemala; Consideraciones sobre el muestreo
32	4. JUSTIFICACIONES
33	5. OBJETIVOS
34	6. HIPOTESIS
35	7. MATERIALES Y METODOS
35	7.1 Universo de Pruebas
35	7.2 Recursos Humanos
36	7.3 Recursos Institucionales
36	7.4 Recursos Materiales
37	7.5 Método para la determinación de fosfatos totales
40	7.6 Diseño estadístico
43	7.7 Criterios para la asignación de los valores de los porcentajes de fosfatos
43	7.8 Análisis de resultados
44	8. RESULTADOS
48	9. DISCUSION
53	10. CONCLUSIONES
54	11. RECOMENDACIONES
58	12. REFERENCIAS
57	13. ANEXOS
58	13.1 Diagrama técnico
60	13.2 Tablas
66	13.3 Gráficas de resultados
67	13.4 Listado de la procedencia de las muestras de los Detergentes

1. RESUMEN

La continua descarga de las aguas de lavado en los ríos, lagos y otros cuerpos de agua eventualmente llega a elevar las concentraciones de fosfatos a niveles que causan el desequilibrio de los ecosistemas acuáticos naturales, debido a que los detergentes para lavandería contienen estos compuestos en diferentes cantidades. En Guatemala, este problema de contaminación se encuentra mayormente manifiesto en el lago de Amatitlán.

En el presente trabajo se evaluó el contenido de fosfatos en los detergentes para lavandería: en polvo, líquidos y en tabletas, usando como base de trabajo la especificación del contenido máximo permitido de fosfatos en los detergentes en polvo de la norma guatemalteca obligatoria NGD 30 017:89, ya que la falta de seguimiento a los detergentes desde el campo del mercado real de consumo llegó a beneficiar dudas sobre el cumplimiento de los detergentes en polvo con respecto a la restricción gubernamental, y la falta de restricción en los detergentes líquidos y en tabletas motivó la preocupación sobre la posibilidad de que estos productos se encontraran involucrados de manera significativa en la descarga de fosfatos en el medio ambiente.

Los detergentes fueron estudiados como productos comerciales representativos del mercado de consumo, para lo cual previamente se efectuó un estudio sobre las marcas existentes en el mercado y su distribución en el mismo. El universo de trabajo incluyó 43 marcas, las cuales representan alrededor del 95 por ciento del mercado interno de los detergentes para lavandería del país actualmente.

El método de análisis aplicado para la determinación de fosfatos es el método de precipitación de ortofosfato de plata y titulación potenciométrica. El muestreo de los detergentes se basó en el diseño de un

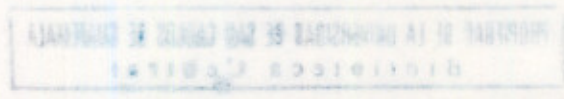
plan de muestreo doble bajo un criterio de control de calidad.

El 15.4 por ciento de las marcas de los detergentes en polvo resultó no cumplir con la restricción oficial sobre el contenido de fosfatos, mientras que el 100 por ciento de las marcas de los detergentes líquidos y el 89 por ciento de las marcas de las tabletas resultaron exentos de fosfatos.

De esta manera, los detergentes líquidos fueron encontrados no involucrados en la descarga de fosfatos en el medio ambiente, en tanto que los detergentes en tableta se encontraron involucrados pero de manera no significativa. Los detergentes en polvo, en cambio, resultaron contener fosfatos en concentraciones capaces de contaminar el ambiente en las regiones de alto consumo.

Los detergentes fueron estudiados como productos comerciales representativos del mercado de consumo, para lo cual previamente se efectuó un estudio sobre las marcas existentes en el mercado y su distribución en el mismo. El universo de estudio incluyó 43 marcas, las cuales representaban alrededor del 93 por ciento del mercado interno de los detergentes para lavar en el país actualmente.

El método de análisis aplicado para la determinación de fosfatos es el método de precipitación de ortofosfato de plata y titulación potenciométrica. El muestreo de los detergentes se basó en el diseño de un



2. INTRODUCCION

Los fosfatos son compuestos esenciales en el ciclo biológico. En éste, los fosfatos constituyen un nutriente para las plantas, macrofitas y microfitas, las cuales pueden absorberlos con facilidad, como fosfatos solubles. Para el hombre y demás animales, estos compuestos no son tóxicos.

En los ecosistemas acuáticos naturales, como en otros ecosistemas, el equilibrio entre los procesos de fotosíntesis y respiración se encuentra muy relacionado con el balance de la disponibilidad de los diferentes nutrientes y con el balance de la diversidad de las diferentes especies biológicas.

En los últimos siglos, la peculiar y creciente actividad humana ha constituido un factor de desbalance en los sistemas naturales debido a los diferentes tipos de contaminación.

En las últimas décadas, la introducción de fosfatos en el medio ambiente debido al uso de estos compuestos en productos industriales de alto consumo ha repercutido en el balance de los ecosistemas de un número apreciable de cuerpos de agua naturales, particularmente lagos y lagunas, al favorecer el crecimiento de las especies vegetales, principalmente algas, y como consecuencia, reduciendo la diversidad de las especies biológicas; tal situación en los sistemas de los cuerpos de agua se conoce como estado eutrófico.

La eutroficación constituye el proceso de envejecimiento natural de los cuerpos de agua. La eutroficación cultural, sin embargo, es la eutroficación que ocurre o se acelera como consecuencia de la contaminación del medio ambiente, y constituye así el envejecimiento prematuro o acelerado de los cuerpos de agua que sufren tal contaminación. Los efectos de la eutroficación varían desde la degradación de la calidad del agua, la reducción de las actividades de turismo y deportivas, hasta la desaparición

de especies biológicas de significancia económica y la mayor incidencia de enfermedades enteroinfecciosas.

La eutroficación del lago de Amatitlán en Guatemala, es un caso que ha atraído el interés tanto dentro como fuera de este país.

Los detergentes para lavandería son los productos industriales mayormente implicados en la eutroficación cultural.

Técnicamente, los fosfatos constituyen ingredientes de singulares propiedades que mejoran notablemente la efectividad de los detergentes para lavandería, y han sido y continúan siendo extensamente usados en estos productos.

Como consecuencia de su implicación en la eutroficación cultural, el uso de los fosfatos en los detergentes para lavandería ha sido sometido a regulación en muchos países. En la práctica, sin embargo, la regulación de éstos así como de otros productos solamente constituye un paso inicial en el control de la contaminación ambiental.

En el tratamiento de las aguas residuales, los fosfatos pueden ser removidos en un 99 por ciento si se practica el tratamiento terciario de forma adecuada; sin embargo, a nivel mundial, el tratamiento terciario no presenta posibilidad de convertirse en una práctica universal en el futuro próximo.

En el mercado interno de Guatemala existe una diversidad grande de detergentes para lavandería, constituyendo éstos un rubro muy dinámico en el comercio. En el presente, aproximadamente el 30 por ciento de estos productos comerciales no cuentan con registro sanitario en vigencia y el seguimiento a estos productos no había sido posible a la fecha. La eutroficación del lago de Amatitlán, sin embargo, continúa siendo un problema vigente, así como la creciente contaminación del medio ambiente acuático.

3. ANTECEDENTES

3.1 ASPECTOS GENERALES

El fósforo es un elemento esencial en la composición de los seres vivos cuyo ciclo biológico se desarrolla en el suelo y el agua debido a que los compuestos que lo contienen no son volátiles(1,2).

Los fosfatos inorgánicos son compuestos de fósforo no tóxicos los cuales no presentan peligro a la especie humana en forma directa(1). Estos compuestos constituyen el fósforo inorgánico en el biociclo(1,2), como fosfatos solubles(de metales alcalinos) y fosfatos de metales pesados(no solubles).

Como nutrientes, los fosfatos no solubles, como el fosfato de calcio, son ampliamente usados en fertilizantes químicos(3). Propiedades tales como actividad defloculante, actividad de secuestro químico, alcalinidad y muchas otras atribuidas a los fosfatos inorgánicos, han dado a estos compuestos un amplio uso en otras actividades como el mantenimiento de calderas y marmitas, la industria de alimentos(carnes reestructuradas y panadería), y extensamente en la industria de los detergentes.

Los detergentes sintéticos aparecieron en el mercado en 1933(4) y durante la Segunda Guerra Mundial su uso se generalizó debido a la consecuente escasez de grasas y aceites(5), los cuales son principales materias primas en la fabricación de los jabones. Fue después de la guerra que los fosfatos lograron implantar su hegemonía como principal ingrediente aditivo en los detergentes formulados(6).

Los surfactantes sintéticos que son usados como ingredientes activos en los detergentes formulados presentan menor efectividad detergente que los jabones(5,7). Sin embargo, los detergentes sintéticos formulados contienen

aditivos denominados formadores ("builders" en inglés), los cuales mejoran la efectividad detergente del ingrediente activo, resultando ésta tan buena como la de los jabones(5,7). Como productos terminados, los detergentes sintéticos formulados con frecuencia resultan más efectivos que los jabones especialmente debido al ahorro en el ingrediente activo que representa la presencia de los formadores de fosfatos durante el proceso de lavado, como se verá en el inciso 3.2.

En el mercado mundial los detergentes sintéticos han logrado desplazar en forma amplia a los jabones, principalmente en los países desarrollados como los Estados Unidos de América donde en 1980 los detergentes sintéticos dominaban el mercado con más del 82 por ciento de la producción total de detergentes(jabones y detergentes sintéticos)(8). Actualmente, el grueso de la producción de jabones en los países desarrollados se destina a la fabricación de jabones en tableta para limpieza personal(8,9), aunque en los países menos desarrollados los jabones continúan siendo el detergente de mayor uso(9).

En Guatemala los jabones aún son usados en la producción industrial de detergentes en tabletas para lavandería, aunque los jabones en este rubro solamente representan una fracción no predominante en la producción total. El mercado interno de los detergentes en Guatemala se abordará con mayor detalle en el inciso 3.5.

Una de las razones del éxito comercial de los detergentes sintéticos frente a los jabones es la de sus costos de producción más bajos(1); por ejemplo, una gran cantidad de surfactantes sintéticos son sintetizados en base a productos derivados del petróleo. Bluestein et al(8), en un análisis sobre el balance comercial de los surfactantes en general, señalan que las materias primas de bajos costos "continúan" guiando el mercado.

La comercialización extendida de los detergentes sintéticos, sin embargo, abrió desde sus comienzos un capítulo más en el amplio tema de la contaminación ambiental.

Básicamente, los detergentes sintéticos se han visto involucrados en dos problemas diferentes de contaminación del medio ambiente. El primero de ellos se trata de la persistencia en el ambiente de los compuestos de las primeras generaciones de surfactantes sintéticos, es decir de su significativa resistencia a la biodegradación, lo cual llegó a causar la formación de enormes cuerpos de espuma sobre ríos y lagos(1,4,9). Estos surfactantes eran alquilobencenosulfonatos cuyo radical alquilo presentaba una cadena muy ramificada, lo cual es causa de su lenta biodegradación(9); estos compuestos han sido conocidos como detergentes ABS por sus siglas en inglés(10).

Los jabones son biodegradados con facilidad debido a que son compuestos derivados de productos naturales(triglicéridos de origen animal y vegetal).

Alrededor de 1965, los detergentes alquilobencenosulfonatos lineales o detergentes LAS(10), surgieron como alternativa adecuada en atención al problema causado por sus predecesores detergentes ABS, ya que al no presentar ramificación en su radical alquilo, su biodegradabilidad ha resultado aceptable, al grado que en la actualidad la mayoría de los detergentes sintéticos no son considerados un peligro para el medio ambiente y son reconocidos como biodegradables(1,3,4,9).

Al parecer, otros detergentes como los alquilosulfonatos lineales podrían presentar biodegradabilidad aún más rápida(4) por la ausencia del anillo bencénico en su estructura, aunque un estudio sobre metabolismo y enzimología en la biodegradación de detergentes LAS realizado por Cain et al(11) reportó tres vías metabólicas sobre el anillo.

El otro problema de contaminación ambiental relacionado con el uso de

los detergentes sintéticos es el problema de la eutroficación, particularmente de lagos y lagunas, y es precisamente en este tipo de contaminación donde los fosfatos se ven involucrados.

La eutroficación es el incremento de la tasa de crecimiento de las poblaciones de plantas (fitoplancton y macrofitas) en un cuerpo de agua debido al enriquecimiento de éste en sustancias nutrientes(12). La eutroficación constituye el proceso de envejecimiento natural de los lagos, el cual se puede desarrollar en un período de cientos de años(3). Sin embargo, este proceso puede ser acelerado como consecuencia de la descarga de grandes cantidades de nutrientes contenidos en los desechos transportados por los afluentes domésticos e industriales, lo que constituye un proceso de contaminación del medio ambiente acuático conocido como eutroficación cultural. La eutroficación cultural ha provocado en cuestión de décadas el envejecimiento definitivo de varios lagos, siendo un caso muy conocido el del lago Erie(2,3,13), el cual según Emsley y Hall(2) ha sufrido un envejecimiento prematuro equivalente a cerca de 50000 años durante el presente siglo. Ravera(12) ha abordado con detalle una serie de lagos europeos eutroficados (lagos Lugano, Annecy, Greifensee y Mauensee). La relación entre los detergentes formulados con fosfatos y el proceso y consecuencias de la eutroficación serán abordados con mayor atención en el inciso 3.3 .

En varios países, entre los cuales Guatemala, se ha tomado medidas para atender los problemas al medio ambiente atribuidos al uso extendido de los detergentes formulados y detergentes en general, siendo la normalización gubernamental de las formulaciones una medida básica.

En el caso de la regulación de los fosfatos como aditivos formadores de los detergentes, generalmente las normas indican un valor de contenido porcentual máximo permitido de éstos. El valor del contenido máximo, sin

embargo, varía de acuerdo a la política de la administración de cada país.

Este aspecto también se abordará con mayor detalle en el inciso 3.3.

3.2 LOS FOSFATOS COMO ADITIVOS FORMADORES (BUILDERS) EN LOS DETERGENTES FORMULADOS

Los aditivos formadores (builders) de los detergentes formulados son compuestos que mejoran o mantienen la efectividad de los surfactantes orgánicos, constituyendo estos últimos el ingrediente activo de las formulaciones.

De acuerdo a la American Society for Testing and Materials, ASTM, la forma como los formadores mejoran o mantienen la efectividad detergente de los surfactantes se basa principalmente en la inactivación de la dureza del agua de lavado ya sea por secuestro químico, precipitación, o por intercambio iónico; otras formas, dependiendo de la capacidad de acción del formador usado, incluyen suplir alcalinidad, acción amortiguadora para mantener la alcalinidad en los niveles de limpieza efectivos, ayudar a mantener en suspensión la suciedad removida, y emulsificar suciedades oleosas (10).

Los fosfatos usados como formadores de los detergentes para lavandería son el Tripolifosfato de Sodio (STPP, siglas en inglés) ($\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$), el Pirofosfato Tetrasódico (TSPP) ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$), el Pirofosfato Tetrapotásico (TKPP) ($\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$), el (orto)Fosfato Trisódico (TSP) (Na_3PO_4), el (hexa)Metafosfato de Sodio (SMP) (NaPO_3), y el Tetrafosfato de Sodio ($\text{Na}_6\text{P}_4\text{O}_{13}$). De éstos, el primero es el mayormente usado, seguido por el segundo. El pirofosfato tetrapotásico es principalmente usado en los detergentes líquidos de alta potencia (heavy duty liquid detergents, en la literatura en inglés) (6,9,14).

La función de los fosfatos en los detergentes formulados en la mayoría de los casos es múltiple, y básicamente se refiere a tres tipos de acción. La primera y principal, es la acción de ablandamiento del agua de lavado (inactivación de la dureza); la segunda, es la acción de suplir alcalinidad al medio; y la tercera acción, la actividad defloculante y dispersante (tensoactividad específica) sobre partículas sólidas de suciedad (3,14).

Todos los formadores de fosfatos, a excepción del ortofosfato, inactivan la dureza del agua de lavado mediante el secuestro químico (acción secuestrante, quelatante, o de acomplejamiento) de los iones de los metales pesados, de principal interés Ca^{+2} y Mg^{+2} , y en menor grado Fe^{+3} .

La reacción de secuestro químico es aquella reacción donde un compuesto (agente secuestrante, quelatante o acomplejante) en solución, se combina con iones de metales pesados para formar una combinación soluble donde tales iones quedan substancialmente inactivados (10). Esta combinación es tan fuerte que los iones pesados no precipitan en presencia de iones carbonato, ortofosfato o de detergentes aniónicos.

En los detergentes formulados, la función del agente secuestrante es muy importante ya que la inactivación de la dureza significa un ahorro substancial del detergente. En ausencia del secuestrante, los iones de los metales pesados contenidos en el agua de lavado interactúan con el surfactante, reduciéndose de este modo la efectividad del lavado.

En un estudio (1969) acerca del ahorro de jabón en una serie de lavanderías de los Estados Unidos de América que llevaban a cabo procesos de ablandamiento, el promedio del ahorro de jabón resultó en un 66 por ciento (5).

En orden decreciente, la efectividad de los fosfatos en el secuestro de

iones calcio es

hexametrafosfato>tripolifosfato>pirofosfato>(orto)fosfato (14).

El ortofosfato, tanto como ortofosfato di- y trisódico, en realidad no presenta acción secuestrante, aunque sí de ablandamiento de agua, ya que los ortofosfatos de los iones de metales pesados son compuestos substancialmente insolubles(5,9).

La acción de proveer alcalinidad al medio cumple la condición de pH alcalino o básico durante el proceso de lavado, condición muy importante para la efectividad de muchos detergentes(3,10,14). La alcalinidad del medio también es útil para la neutralización de sustancias ácidas asociadas a superficies y materiales sucios(5,14); además, cuando el medio presenta alcalinidad suficientemente fuerte, se logra la saponificación de suciedad de grasas y aceites, con lo cual esta suciedad se emulsifica(1,14).

En orden decreciente, la efectividad de los fosfatos como álcalis es(entre paréntesis los valores de pH para las soluciones al 1% m/v de las sales anhidras)

ortofosfato trisódico(pH12)>pirofosfato tetrasódico(pH10.5)>

tripolifosfato de sodio(pH9.5)>fosfatomonoácido de sodio(pH8.8)>

tetrafosfato de sodio(pH8.5)>hexametrafosfato de sodio(pH6.9)

del sodio(9,14).

El hexametrafosfato de sodio en realidad no es un álcali activo. El ortofosfato trisódico y el pirofosfato tetrasódico poseen propiedad emulsificante sobre la suciedad grasosa(5,14).

Según Schweiker(6) el rango de valores óptimos de pH para la acción de los detergentes es 9-10.5. La acción de amortiguación de pH en este rango resulta así una característica buscada en estos álcalis.

La tercera acción básica de los formadores de fosfatos en los detergentes formulados es la acción defloculante y dispersante sobre partículas sólidas de suciedad. Generalmente este tipo de suciedad no puede ser removida por la acción directa de los detergentes ya que las moléculas de detergente básicamente actúan sobre grasas y aceites, muy comunes en la suciedad, removiéndolos mediante su emulsificación en un sistema micelar. Las partículas sólidas, en cambio, se logran remover por la adsorción del dispersante sobre la superficie de estas partículas, con lo cual se logra su suspensión. La acción defloculante se refiere a la capacidad del agente defloculante de separar partículas sólidas agregadas.

Como agentes dispersantes y defloculantes sobresalen el tripolifosfato de sodio, el pirofosfato tetrasódico y el hexametáfosfato de sodio, siendo el primero y el último, al parecer, los más efectivos(2,5,14).

Existen otras propiedades particulares entre los fosfatos aparte de las tres propiedades básicas ya mencionadas; al pirofosfato, por ejemplo, se le ha atribuido acción degradante(péptica) y marcada acción solvente específica sobre algunas gomas y resinas(5,15). La propiedad de coagulación de albúmina le ha sido atribuida al hexametáfosfato de sodio(5).

También se ha encontrado particulares características no deseadas en algunos fosfatos, como la significativa desventaja del carácter higroscópico del hexametáfosfato de sodio, que en general lo hace no adecuado para las formulaciones de detergentes en polvo(9).

En los detergentes formulados, la mezcla resultante parece presentar mejores condiciones para la efectividad de cada ingrediente, como se ha señalado en el caso de los detergentes sintéticos y jabones formulados con pirofosfato tetrasódico(14). Hersberger y Neidig(5), al estudiar la efectividad de los detergentes sintéticos formulados con pirofosfato

tetrasódico, concluyeron que estos detergentes eran tan efectivos como los jabones formulados, y que el tripolifosfato como formador era igual o ligeramente mejor que el pirofosfato.

Compuestos alternativos al uso de los fosfatos como aditivos formadores en los detergentes formulados son los silicatos solubles, carbonatos(solubles), zeolitas, citratos y policarboxilatos. Entre los policarboxilatos, la sal del ácido nitrilotriacético(NTA, siglas en inglés) apareció en los comienzos de su uso como una alternativa prometedora en sustitución de los fosfatos, pero la toxicidad de algunos compuestos(nitrosaminas) derivados de la degradación del NTA prácticamente lo ha eliminado como alternativa(1,6,9).

3.3 LOS FOSFATOS COMO CONTAMINANTES AMBIENTALES

Para comprender la contaminación provocada por la liberación de fosfatos al medio ambiente a causa de la actividad y productos industriales, resulta muy adecuada la definición de Ruivo et al(13) al referirse a la contaminación de los recursos acuáticos: "es la introducción por el hombre en el medio ambiente acuático de sustancias productoras de efectos deletéreos que pueden causar daño a los recursos vivientes, riesgos a la salud humana, obstáculos a las actividades acuáticas incluida la pesca, deterioro de la calidad del agua para su consumo y reducción de los medios de recreo".

Los fosfatos complejos(polifosfatos) presentan biodegradabilidad extremadamente rápida y por lo general ya se encuentran hidrolizados a la especie ortofosfato cuando al ser transportados por los afluentes de aguas residuales llegan a las plantas de tratamiento(1).

un acuario, en donde en menos de veinte minutos seguidos a la adición de ortofosfato marcado, más del 90 % del fósforo (P^{32}) agregado fue incorporado al plancton y partículas contenidas en las bacterias.

Esta incorporación de los fosfatos en los organismos vivos significa una cualidad nutriente del fósforo y sus compuestos. Emsley y Hall(2) consideran al Fósforo como el factor limitante en el medio ambiente acuático, o al menos, sostienen los autores, puede ser hecho el factor limitante ya que es el único sobre el cual el hombre puede tener control efectivo. Ravera(12) lo considera el factor limitante más común en los casos de eutroficación; la eutroficación ya ha sido definida anteriormente.

En el proceso de eutroficación el Nitrógeno y el Carbono también son considerados factores limitantes por algunos autores, en forma combinada o aún sin consideración del Fósforo, lo cual en menor grado ha sido tema de controversia(1,3). Sin embargo, en forma global, los fosfatos han recibido la mayor culpabilidad(9).

Una revisión sobre las fuentes de estos tres nutrientes podría aclarar la situación. El biociclo del Fósforo está basado en el suelo y el agua debido a la falta de volatilidad de sus compuestos. En el biociclo, los fosfatos son transferidos del suelo al agua por medio de los ríos; se estima que 2 millones de toneladas de fosfatos son drenados anualmente al mar por procesos naturales, y cerca de la misma cantidad debido a las actividades del hombre(2).

El fósforo introducido en los ríos y lagos proviene del excremento humano y de otros animales arrastrado en las aguas residuales, del lavado de los suelos incluidos los suelos cultivados, y/o de los detergentes formulados al ser las aguas de lavado descargadas en las aguas residuales.

Los detergentes son una fuente muy importante y la única que con

facilidad puede ser sometida a regulación(9).

Durante la primera mitad de la década de 1970 se estimó que los detergentes eran causa de entre el 32 y 70 % del contenido de fósforo en los afluentes de las aguas residuales de los países desarrollados(1,13).

Higgins(1) señaló que de esta suerte, los fosfatos contenidos en los detergentes representaban entre el 16 y 35 % del fósforo total en las aguas naturales.

El Carbono como posible factor limitante no ha sido abordado con detalle en la literatura donde se le ha referido. Al parecer es limitante pero en un estado avanzado de la eutroficación debido a la pobre disposición de CO_2 como consecuencia de la caída de la actividad respiratoria(1).

Los residuos orgánicos y los fertilizantes son fuentes de Fósforo y Nitrógeno. Sin embargo, hay dos fuentes que no son comunes a estos dos nutrientes: los detergentes, que contienen muy poco o nada de nitrógeno en comparación al alto contenido de fósforo en estos productos, y el aire, que constituye una amplia fuente natural de nitrógeno.

La fijación biológica del nitrógeno tiene como fuente la atmósfera, fijación que puede ser realizada por una variedad de bacterias y algas verdiazules, dos grupos muy importantes en el proceso de eutroficación(1,2,12,13).

Un caso interesante que podría reflejar el efecto de estos nutrientes es el del lago Zurich(2), el cual en 1910 sufría eutroficación debido a la descarga de aguas residuales. Actualmente el lago ha recuperado su estado natural de agua clara y limpia, sosteniendo un balance ecológico a pesar del hecho que sus aguas aún son ricas en nitratos durante todo el año debido al lavado de tierras cultivadas y a residuos orgánicos provenientes de las aguas residuales. La razón de la recuperación se atribuye a que la descarga de las aguas residuales fue desviada a la salida del lago, y al tratamiento

de estas aguas para la precipitación de fosfato como fosfato férrico.

La eutroficación cultural ya ha sido definida en el inciso 3.1 , siendo ahora menester conocer los detalles de este problema de contaminación relacionado con la sobrecarga de fosfatos.

Una concentración ideal menor de 0.05 ppm de fósforo en las aguas que se descargan en un lago, prevendría de algún desequilibrio biológico en su ecosistema. Al alcanzarse una concentración de 0.5 ppm, el sistema natural del lago puede lograr la reducción del exceso de fósforo hasta 0.005 ppm mediante el crecimiento acelerado de algas(florecimiento de algas o algas bloom, en inglés). Sin embargo, la constante alimentación con fosfatos en las aguas del lago, siendo el fósforo el factor limitante como en la mayoría de los casos ha resultado ser(12), tiene como consecuencia un estado sostenido de crecimiento de algas, lo que constituye el estado eutrófico.

Los efectos de esta contaminación varían desde el cambio de las características organolépticas del agua(olor, sabor, color y transparencia), es decir la degradación de la calidad del agua, la reducción de las actividades de turismo y deportivas, hasta la desaparición de especies de significancia económica y el incremento de la frecuencia de microorganismos patógenos asociados a la descarga de aguas residuales que han estado en contacto con excremento humano y de otros animales(9,12,13).

El exceso de nutrientes modifica la distribución de la comunidad de especies que comparten el medio acuático, que en el caso de la actividad de la pesca, con frecuencia resulta en la desaparición de las especies más valiosas.

En algunos casos extremos de desorden en el sistema como consecuencia del desbalance causado por la eutroficación acelerada, la condición aeróbica de las aguas del sistema se torna anaeróbica debido a la reducción del

oxígeno disponible a niveles tan bajos como cero. Bajo condiciones anaeróbicas, las bacterias anaeróbicas florecen, pudiendo producir toxinas y compuestos de azufre de olores muy desagradables(9). Productos de la degradación aeróbica como NO_3^- , CO_2 y $(\text{SO}_4)^{-2}$ tienen como análogos de la degradación anaeróbica las especies NH_4^+ , N_2 , CH_4 , HS^- y H_2S , lo que constituye una contaminación secundaria(2).

Actualmente se cuenta con una serie de experiencias sobre la recuperación de lagos eutrofificados, similares al caso del lago Zurich mencionado con anterioridad; los lagos Washington y Zeller See(13) y los lagos Lugano, Annecy, Greifensee y Mauensee(12) son experiencias comentadas en la literatura.

La remoción del fósforo de las aguas residuales y la desviación de estas aguas a las salidas de los lagos son los métodos más eficaces para la recuperación de lagos eutrofificados(12).

Técnicamente, la remoción del fósforo de las aguas residuales se logra con éxito mediante la precipitación de los fosfatos como una de sus sales insolubles(2) en el tratamiento terciario de estas aguas(3,12,13), con frecuencia FePO_4 . Según Woollatt(9), el tratamiento terciario para la eliminación del fósforo en los lugares donde existe el problema de la eutroficación haría innecesaria la regulación de los fosfatos en los detergentes. El tratamiento terciario adecuado puede remover los fosfatos por precipitación con una efectividad del 99 %(2). Sin embargo, el tratamiento terciario en general no presenta posibilidad de convertirse en una práctica universal en el futuro próximo(9).

En 1980 en los Estados Unidos de América, solamente cerca del 30 % de las aguas residuales domésticas recibían el tratamiento primario(remoción de cuerpos grandes, lodo y aceites); de este 30 %, el 60 % era sometido al

tratamiento secundario (reducción de desechos orgánicos y remoción del lodo activado), mientras que el tratamiento terciario solamente se encontraba en su fase experimental (plantas piloto). El objetivo primordial del tratamiento terciario es lograr que el agua vuelva a ser tan pura como aquella del medio ambiente natural (3).

Actualmente en Guatemala, a pesar de ya ser sensible la contaminación del medio ambiente acuático, siendo la eutroficación del lago de Amatitlán quizás el caso que ha recibido la mayor atención, la información con la que se cuenta es limitada incluso en el caso del lago.

El seguimiento a los detergentes se ha limitado a la determinación de concentraciones de surfactantes sintéticos en algunos cuerpos de agua. Datos de esta naturaleza, sin embargo, constituyen información útil en el enfoque global sobre el alcance de los efectos de la contaminación derivada del uso de los detergentes formulados.

De la información local con que se cuenta, en un estudio realizado en 1991, Cordero (16) concluyó que los afluentes de la parte sur de la Ciudad de Guatemala que más contaminación aportan al agua son los afluentes de origen doméstico provenientes del sistema de alcantarillado, y que es la demanda química de oxígeno (DQO: volumen de material químicamente oxidable mediante la captación del oxígeno disuelto) el parámetro de mayor significancia en tal contaminación.

Morales y Orozco (1987) (17) señalan que esta área de la Ciudad de Guatemala es la más densa en actividad industrial de todo el país, encontrándose en ella 38 industrias con significativo potencial contaminante; en esta zona se encuentran las industrias más grandes del país incluidas empresas transnacionales. Estos autores han identificado en esta zona cerca de 50 descargas de aguas residuales con un caudal conjunto

aproximado de 1000 litros por segundo, en su mayoría de áreas residenciales altamente pobladas localizadas en la zona; estas 50 descargas de aguas residuales convergen en la cuenca del río Villalobos, el cual conduce el grueso del caudal de las aguas residuales que son descargadas en el lago de Amatitlán, localizado al sur y a 27 kilómetros de la Ciudad de Guatemala.

Morales y Orozco consideran que durante el verano, debido a la escasa precipitación pluvial, no es muy grande en el lago la descarga de aguas residuales arrastradas por el río Villalobos, al menos en forma directa, ya que en esta época las aguas del río son derivadas para riego.

Basterrechea(18), al abordar consideraciones sobre los datos disponibles acerca de las descargas de fósforo y nitrógeno en el lago de Amatitlán, estima imprescindible la determinación de las concentraciones de estos nutrientes durante el invierno, ya que la época de lluvias representa más del 80 % del caudal total de entrada de agua al lago. El mismo autor señala que son pocas las determinaciones de las concentraciones de nutrientes que han sido reportadas para el lago, y que además, la mayoría de las determinaciones se han llevado a cabo durante el verano o después de las crecidas.

Las aguas de los ríos tributarios del lago de Amatitlán, sin embargo, han sido analizadas de manera más sistemática. Basterrechea et al(19), en un estudio que incluyó estos ríos, reportaron una concentración media de fosfatos de 768 ppm en el río Villalobos, la más alta de todos los ríos; los otros ríos promediaron concentraciones alrededor de 100 ppm. Una observación interesante incluida en la presentación de este estudio se refiere a la concentración de fosfatos sorprendentemente alta(1237 ppm) en una de las muestras del río Pampumay, lo que como posibilidad se atribuyó a que la muestra fue tomada poco tiempo después de haberse lavado ropa con detergente.

Un criterio común para las concentraciones aceptables de fosfatos inorgánicos totales en las aguas de los cuerpos de agua naturales se encuentra en el rango de 0.03-0.40 ppm como valores máximos(20).

También sobre la contaminación del lago de Amatitlán, el trabajo de Paz(1983)(21) ha aportado un dato interesante. Paz determinó concentraciones de alquilobencenosulfonatos(activos en detergentes sintéticos formulados) en las aguas del lago, revelando concentraciones altas con una media de 9.8 ppm. El valor máximo de 1 ppm es una referencia para consideraciones de la condición de contaminación(19).

La regulación del contenido de fosfatos en los detergentes formulados ha constituido una medida frecuente para contrarrestar el exceso de fósforo en las aguas residuales. En los países donde se practica, esta regulación varía según la política de cada lugar. En los Estados Unidos de América el control se ejerce a nivel estatal y aún regional, no existiendo regulación a nivel federal; hay áreas en este país donde el uso de detergentes formulados con fosfatos está totalmente prohibido. En los demás países donde hay regulación, ésta se refiere a restricciones en base a porcentajes máximos permitidos en las formulaciones, que generalmente varían de 5 a 6 % m/m como Fósforo(P)(equivalente a 11-14 % m/m como P_2O_5), siendo tendencia general la restricción creciente y aún su prohibición total, como en Suiza y el Canadá. En el Reino Unido no existe regulación alguna, no presentándose problemas serios de eutroficación tampoco(3,6,9).

En Guatemala, la restricción de los fosfatos en los detergentes en polvo tiene como límite máximo el valor de 11 % m/m como pentóxido de fósforo(P_2O_5) en el caso de los productos para uso doméstico, y de 16 % en el caso de los productos para el lavado de vajilla y limpieza en hospitales,

restaurantes y la industria de alimentos(22). No existe restricción para los demás detergentes.

No obstante todo lo anterior, a nivel regional, el establecimiento de las normas sólo constituye un paso inicial en el control de las fuentes contaminantes. A este respecto, Ruivo et al(13) han señalado: "cuando se trata de evaluar los problemas de la contaminación, tanto los hombres de ciencia como los dirigentes administrativos se encuentran muchas veces con el problema de la falta de información adecuada; en algunas zonas se puede disponer de información local, pero es imposible extrapolar con confianza de esa situación localizada el efecto de un contaminante a escala mundial y es imposible, por consiguiente, hacer una hoja de balance adecuada para cualquiera de los principales contaminantes". Más adelante, Ruivo et al señalan que la cantidad total de contaminante que circula en el ecosistema acuático depende de su índice de producción, del índice de su incorporación al medio acuático por los diversos mecanismos de transporte posibles, del índice de su descomposición por procesos biológicos, químicos o físicos naturales, y del índice conforme al cual desaparecen del medio al ser precipitados al fondo(del mar) y finalmente enterrados en los sedimentos.

Dickson(3) ha hecho una reflexión más que interesante acerca de los fosfatos como recurso: "las fuentes de fosfatos son limitadas y algún día se podrían reducir hasta el punto en que se pudiera hacer prohibitiva la producción de alimentos. En vista de esto, el uso de fosfatos en los detergentes de lavandería y la pérdida subsecuente de este compuesto hacia el medio ambiente constituye un desperdicio de uno de los recursos más importantes".

El tiempo de residencia del fósforo en el mar es de 50000 años(2), y los primeros detergentes sintéticos aparecieron en el mercado en 1933. Actualmente, la producción de tripolifosfato de sodio(STPP) en los Estados

Unidos de América excede 1 millón de toneladas al año(2).

3.4 METODOS DE ANALISIS PARA LA DETERMINACION DE FOSFATOS EN DETERGENTES

FORMULADOS

Existe una serie de métodos para determinar los fosfatos contenidos en los detergentes formulados, a saber, determinación por densidad óptica(método del azul de molibdeno)(23), determinación por titulación ácido-base(23,24), determinación gravimétrica(23,25,26), determinación por resonancia magnética nuclear(23).

En la práctica, las ventajas y desventajas de un método básicamente se derivan de la disponibilidad de las facilidades que se requieren(equipo, reactivos, etc.), del rigor de las condiciones y cuidados a ser atendidos durante el análisis, del tiempo consumido en el análisis y de la calidad de la información obtenida(exactitud, precisión, repetitividad, reproducibilidad, representatividad, etc.).

La elección de un método depende del balance de las ventajas y desventajas que las necesidades del observador subrayen. Ruivo et al(13) hacen una apreciación sobre el balance de las cualidades de los análisis al abordar el tema de las técnicas y sistemas de observación para el problema de la contaminación del medio ambiente acuático: "En algunos casos, no obstante, puede ser preferible un método de análisis rápido, pero menos preciso, que un método de gran exactitud y precisión que lleve demasiado tiempo o sea demasiado caro".

En Guatemala se cuenta con una norma que restringe el contenido de fosfatos en los detergentes en polvo así como una norma complementaria publicada recientemente para la determinación del contenido de fosfatos de

los detergentes.

El método de la norma complementaria(27) tiene como principio la titulación ácido-base, al parecer del segundo hidrógeno del ácido ortofosfórico producido por la hidrólisis ácida de los polifosfatos contenidos en la muestra. En la práctica este método requiere el conocimiento previo sobre el contenido de fósforo que se espera la muestra contenga y sobre la presencia de los interferentes en el método, lo que hace dificultoso el trabajo con muestras de contenido desconocido ya que la exactitud de los resultados depende de esta información. Este es más bien un método de precisión.

Como se verá en el inciso 3.5, la mayoría de los empaques de los detergentes para lavandería en el país no muestran el listado de los ingredientes.

Esta norma complementaria presenta un método alternativo cuyo principio es el de la determinación gravimétrica. Para esto, los polifosfatos son hidrolizados en medio ácido y el ortofosfato resultante es precipitado como fosfomolibdato de quinolina(26,27). Este tipo de método se caracteriza por el rigor en el manejo de las muestras(manipulación cuantitativa de varios pasos que en este caso incluye la precipitación total del fosfomolibdato de quinolina por cristalización) así como por el tiempo prolongado que requiere la ejecución del análisis; el rápido envejecimiento de los reactivos es otro factor importante a ser considerado en este método.

Entre la serie de métodos presentados por Longman(23) para la determinación de fosfatos en productos detergentes, el método de titulación ácido-base que a continuación se discute presenta la ventaja de no ser afectado por los principales interferentes del método de titulación discutido arriba.

En este método los polifosfatos son hidrolizados a ortofosfato en medio

ácido, y por intercambio iónico los hidrógenos de la especie $H_2PO_4^-$ son liberados por la reacción de precipitación del ortofosfato en presencia de un exceso de nitrato de plata; el fósforo es determinado mediante la valoración del aumento de la acidez derivado de esta reacción. El cuidado de usar agua destilada o deionizada equivalente, en la práctica elimina la posibilidad de interferencia. En este método el tamaño de la muestra no es un punto crítico, aunque es necesario cuidar que el nitrato de plata siempre se encuentre en exceso. El método es rápido y las facilidades que se requieren son comunes al laboratorio ordinario.

Los métodos de determinación por densidad óptica y por resonancia magnética nuclear no serán abordados ya que el primero presenta una precisión pobre (el cálculo se basa en la extrapolación de una curva con datos de muestras estándares) mientras que el segundo requiere en principio la disponibilidad del equipo (espectrofotómetro de resonancia magnética).

3.5 LOS DETERGENTES PARA LAVANDERIA EN EL MERCADO DE GUATEMALA:

CONSIDERACIONES SOBRE EL MUESTREO

3.5.1 MARCAS DE DETERGENTES PARA LAVANDERIA EN EL MERCADO

Existe en el mercado de Guatemala, hoy día, alrededor de 56 marcas de detergentes para lavandería, de las cuales alrededor de 23 son de detergentes en polvo, 23 de detergentes en tableta y 10 de detergentes en emulsión (líquidos).

Las empresas fabricantes de estos productos son alrededor de 20, de las cuales alrededor de 11 son empresas que funcionan en el país y el número

restante son empresas establecidas en El Salvador, Estados Unidos de América, Honduras y Costa Rica.

Esta información corresponde a un estudio de distribución de marcas en el mercado llevado a cabo por el autor del presente trabajo durante el mes de abril del año 1993, basado en las frecuencias de las marcas que se encontraron en la visita a diez supermercados localizados en el sur y occidente de la ciudad de Guatemala, un supermercado (el único) en la población de Villa Nueva (al sur de la ciudad capital) y en el mercado de la ciudad de Amatitlán (al sur de la ciudad capital y a orillas del lago de Amatitlán).

A pesar de que los once supermercados visitados corresponden a ocho cadenas de tiendas, no se encontró dos lugares del total de los doce visitados, que presentaran en sus estantes la misma diversidad de detergentes. Los supermercados visitados incluyen lugares con productos nacionales solamente, lugares con productos nacionales y de importación, y lugares con productos de importación solamente. La Tabla 1 de los anexos presenta el esquema de la distribución de frecuencias de las marcas; los nombres comerciales (marcas) han sido representados por literales para su protección.

En una revisión del listado de los más de 120 registros sanitarios actualmente vigentes para el rubro de los detergentes para lavandería, alrededor del 28 % de los productos de la Tabla 1 no se encontraron en el mismo, incluyendo once marcas con frecuencia mayor que 1. Los registros sanitarios vigentes en la actualidad incluyen detergentes nacionales, de El Salvador, Estados Unidos de América, Honduras, México, Costa Rica y Colombia(28).

Un número significativo de los productos importados de los Estados Unidos de América declaran en sus empaques no contener fosfatos. No hay

detergentes de otro país que se declaren libres de fosfatos. Son alrededor de once las marcas de detergentes para lavandería que se importan de los Estados Unidos de América, detergentes líquidos y en polvo, solamente.

En el grupo de los detergentes para lavandería en tabletas, en el mercado del país se encuentra jabones y detergentes sintéticos. Localmente, en este grupo se conoce los jabones en bola y los "jabones" en barra, los últimos siendo generalmente detergentes sintéticos mientras que los primeros son verdaderos jabones. La diferenciación "en bola" y "en barra" se debe a la forma de las tabletas, diferenciación que no tiene significado alguno para los fines del presente trabajo.

La mayoría de los empaques de los detergentes para lavandería distribuidos en el país no presentan el listado de los ingredientes de los productos, siendo la excepción los importados de los Estados Unidos de América, por lo que no se cuenta con indicio alguno sobre la situación general acerca del contenido de fosfatos; aparte de algunos productos estadounidenses, en la Tabla 1 solamente el detergente en tableta F declara contener fosfatos.

Técnicamente, todas las presentaciones de detergentes para lavandería pueden contener fosfatos como aditivos formadores(14).

3.5.2 REPRESENTATIVIDAD DE LAS MARCAS

Un porcentaje menor de las marcas distribuidas en el mercado corresponde a productos discontinuados, productos de reciente y limitada introducción en el mercado, y/o productos marginados por el consumidor y el expendedor. Este grupo de la población de marcas encontradas no es representativo cuando lo que se persigue es estimar una situación global en un mercado dinámico en cuyo seno se sucede una competencia constante entre las marcas, que en el caso del mercado de los detergentes puede ser aún

entre dos o más marcas de un mismo fabricante.

Un ejemplo de representatividad es el caso del detergente en polvo marca C de la Tabla 1, el cual solamente fue encontrado en uno de los doce lugares visitados en el estudio de distribución de marcas, con una existencia en el estante menor a las cien unidades de sobres pequeños de 40 gramos de contenido neto; los sobres fueron encontrados en estado deteriorado, lo que sugiere el abandono del producto tanto por parte del expendedor como del consumidor.

Frente a la población de detergentes vendidos masivamente en la actualidad, el dato correspondiente al análisis de este remanente de detergente en polvo C distorcionaría el estimado de nuestro interés. Además, el costo de los análisis a este remanente de detergente resultaría ser mayor al precio de compra de todas las unidades de este remanente, y el número máximo de análisis factible en este caso sería de uno.

El anterior no es el único caso de marca no representativa. En la Tabla 1 se puede apreciar varias marcas con la misma frecuencia del detergente en polvo C.

Para la determinación de fosfatos de una marca de detergente debe tenerse en cuenta que los individuos de la población son los lotes (específicamente los graneles) de esa misma marca, y que todas las unidades de un mismo lote presentan el mismo contenido relativo de fosfatos puesto que corresponden a un mismo granel.

Un dato útil sobre la dinámica del mercado local de los detergentes es que la marca de detergente en polvo M, con una frecuencia de 3 en la Tabla 1, en la actualidad está siendo discontinuada debido al cambio de su nombre comercial (Corado CI, Jefe de la División de Registro y Control de Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala; comunicación personal, abril 1993).

Para los fines del presente trabajo, el caso del detergente en polvo U de la misma tabla, es una excepción de representatividad que responde al criterio de muestreo por conveniencia, ya que a pesar de haber sido encontrado en dos supermercados de una misma cadena de tiendas y que la existencia total del mismo en los estantes de estos dos lugares no sobrepasó las cien unidades, es el único detergente para uso industrial que se encontró en el estudio de la Tabla 1; la presentación de este producto es en las unidades de kilo.

3.5.3 VARIACIONES EN LOS PROCESOS DE PRODUCCION DE LOS DETERGENTES

Según sus causas, las variaciones en la producción industrial pueden ser divididas en dos clases, a saber, variaciones aleatorias y variaciones atribuibles(29). Las variaciones aleatorias son el resultado de la conjunción de numerosas causas menores inherentes al proceso industrial. Las variaciones atribuibles se suceden, en cambio, como consecuencia de causas específicas identificables como lo son la inexperiencia de los operarios(operarios que se inician en el proceso, operarios no calificados), condiciones inadecuadas del equipo, y defectos de la materia prima. Las variaciones atribuibles causan variaciones grandes en comparación con las variaciones aleatorias.

En el presente, el uso de técnicas de muestreo para el control de la calidad en la producción industrial es una práctica generalizada(29). Estas técnicas se hacen indispensables en aquellos procesos donde el producto terminado debe satisfacer especificaciones críticas, lo cual no sucede cuando el producto que se fabrica puede presentar variaciones relativamente mayores sin que ésto signifique su rechazo.

En los procesos de producción de los detergentes en general, el contenido final de fosfatos no requiere exactitud ni precisión, por lo que

no es indispensable establecer un recorrido estrecho de tolerancia para el control de las variaciones de esta característica.

Si un proceso de producción industrial presenta constancia en todas sus condiciones, las variaciones ocurren de manera aleatoria, independientemente de las especificaciones que el fabricante haya establecido. Si se supone la constancia en las condiciones de los procesos de producción de los detergentes para lavandería distribuidos en el mercado del país, las poblaciones de contenido de fósforo de las marcas deben presentar una distribución normal.

Por otro lado, la repetición constante de un mismo proceso de fabricación reduce la posibilidad de ocurrencia de grandes variaciones en las producciones, por lo que las variaciones tienden a ser pequeñas. Una suposición de variaciones pequeñas puede ser garantizada si se estima un rango de variación máxima que constituya un margen adecuado en consideración de las posibles variaciones atribuibles. Una estimación de este tipo no resulta extraña en casos como el presente(29,30).

En el caso de la determinación de fosfatos en el presente trabajo, las variaciones posibles en una misma marca suceden de granel a granel y no de unidad a unidad empacada de un mismo granel. Es por ésto que una muestra poblacional tomada de un mismo lugar de venta podría no ser representativa, ya que en la producción local de detergentes los productos no son identificados con número de lote.

Para la determinación del tamaño de muestra que se ha de requerir en un estudio dado, la información que se disponga, la utilidad práctica de los datos que se desea obtener de acuerdo a los objetivos del estudio, así como los recursos con los que se cuenta para el mismo, son factores que siempre deben ser considerados para la definición del criterio en la estimación estadística(29,30).

4. JUSTIFICACIONES

El mercado de los detergentes para lavandería en Guatemala es muy diverso y dinámico, constituyendo un rubro muy importante en el comercio interno del país, y a pesar de la magnitud del mismo y de la existencia de una norma reguladora de los detergentes en polvo, actualmente se desconoce los valores reales del contenido de fosfatos en los productos detergentes para lavandería en general, mientras que la eutroficación cultural es un problema latente en el país. La eutroficación del lago de Amatitlán es un caso conocido a nivel nacional e internacional, aunque a nivel general, aún no existe conciencia sobre las causas y los efectos de este problema de contaminación, quizás por la falta de educación y de comunicación. De la información que se tiene sobre algunos productos de detergentes en polvo que declaran un alto contenido de fosfatos por encima del porcentaje máximo permitido indicado en la norma guatemalteca obligatoria para los detergentes en polvo, como también que actualmente alrededor del 30 % de los detergentes para lavandería comercializados en el país no cuentan con registro sanitario en vigencia, se ha generado preocupación sobre la situación real acerca de la incorporación de fosfatos en el medio ambiente acuático derivada del uso de estos productos.

El presente trabajo tiene como objetivo general el de indagar sobre el nivel de uso de los fosfatos en los detergentes para lavandería comercializados en el país, para proporcionar información de referencia y alertar sobre la participación de estos productos en el deterioro de los recursos acuáticos del país.

4. JUSTIFICACIONES

El mercado de los detergentes para lavandería en Guatemala es muy diverso y dinámico, constituyendo un rubro muy importante en el comercio interno del país, y a pesar de la magnitud del mismo y de la existencia de una norma reguladora de los detergentes en polvo, actualmente se desconocen los valores reales del contenido de fosfatos en los productos detergentes para lavandería en general, mientras que la eutrofización cultural es un problema latente en el país. La eutrofización del lago de Amatitlán es un caso conocido a nivel nacional e internacional, aunque a nivel general, aún no existe conciencia sobre las causas y los efectos de este problema de contaminación, quizás por la falta de educación y de comunicación. De la información que se tiene sobre algunos productos de detergentes en polvo que declaran un alto contenido de fosfatos por encima del porcentaje máximo permitido indicado en la norma guatemalteca obligatoria para los detergentes en polvo, como también que actualmente alrededor del 30% de los detergentes para lavandería comercializados en el país no cuentan con registro sanitario en vigencia, se ha generado preocupación sobre la situación real acerca de la incorporación de fosfatos en el medio ambiente acuático derivada del uso de estos productos.

El presente trabajo tiene como objetivo general el de indagar sobre el nivel de uso de los fosfatos en los detergentes para lavandería comercializados en el país, para proporcionar información de referencia y alertar sobre la participación de estos productos en el deterioro de los recursos acuáticos del país.

5. OBJETIVOS

5.1 Determinar los porcentajes m/m de fosfatos en los detergentes para lavandería que se comercializan en Guatemala.

5.2 Evaluar el cumplimiento de los detergentes en polvo comercializados en Guatemala con respecto a la especificación de la norma guatemalteca obligatoria NGD 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos.

5.3 Evaluar el contenido de fosfatos en los detergentes para lavandería en tableta y en emulsión comercializados en Guatemala, en relación al nivel máximo permitido de estos compuestos en los detergentes en polvo.

6. HIPOTESIS

6.1 En el mercado de Guatemala existe marcas de detergentes en polvo que no cumplen con la especificación de la norma guatemalteca obligatoria NGO 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos.

6.2 Un alto porcentaje de los detergentes para lavandería comercializados en Guatemala contienen fosfatos arriba del 11 por ciento m/m como pentóxido de fósforo (P_2O_5).

7. MATERIALES Y METODOS

7.1 Universo de trabajo

Constituyen el universo de trabajo los detergentes para lavandería que como productos comerciales terminados se encuentran distribuidos en los establecimientos de ventas al detalle del mercado de Guatemala.

En consideración de la representatividad de las diferentes marcas de estos productos en el mercado, se considera no representativas a aquellas marcas de detergentes en polvo y detergentes en tableta que en el estudio de distribución de marcas de la Tabla 1 (anexos) muestran una frecuencia igual o menor a 2 y las marcas de detergentes líquidos con frecuencia igual a 1.

El detergente en polvo U es una excepción debido a que es el único detergente para uso industrial encontrado en el estudio de distribución de marcas de la Tabla 1.

De esta manera el universo de trabajo queda conformado por los detergentes de la Tabla 2.

7.2 Recursos humanos

7.2.1 Edna Judith Villatoro de Castro, supervisor de la sección de cosméticos y productos higiénicos del Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala; asesor de tesis.

7.2.2 Lizardo Amilcar Pérez Consuegra: autor de la tesis.

7.2.3 Inspector designado por el Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala, para auxiliar en la colecta de las muestras.

7.3 Recursos institucionales

7.3.1 Laboratorio de la sección de cosméticos y productos higiénicos del Laboratorio Unificado de Control de Alimentos y Medicamentos, LUCAM, del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala.

7.3.2 Vehículo facilitado por el LUCAM para la colecta de las muestras.

7.4 Recursos Materiales

7.4.1 Equipo:

- agitador magnético
- balanza analítica
- balanza semianalítica
- balones aforados de 250 ml
- bureta de 25 ml
- crisol pequeño de platino
- embudos de vidrio
- estufa eléctrica
- mechero bunsen
- papel filtro Whatman 541
- pipetas graduadas de 10 ml
- pipetas volumétricas de 25 y 50 ml

- pizetas
- potenciómetro Beckman Zeromatic 96
- vasos Erlenmeyer de 250 ml
- vasos de precipitados de 400 ml
- vidrios de reloj

7.4.2 Reactivos:

- ácido nítrico, solución al 50 % v/v
- agua destilada
- hidróxido de sodio, solución 1.0N
- hidróxido de sodio, solución estandarizada 0.2N
- hidróxido de sodio, solución estandarizada 0.5N
- indicador de viraje verde de bromocresol (control opcional)
- nitrato de plata, solución al 15 % m/v
- nitrato de sodio

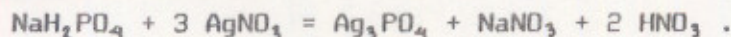
7.5 Método para la determinación de fosfatos totales

Método potenciométrico del nitrato de plata; titulación con hidróxido de sodio(23).

7.5.1 Principio del método(23)

La materia orgánica es destruida por ignición y la materia inorgánica extraída con agua. La solución acuosa es hecha ácida y hervida para hidrolizar cualquier fosfato condensado presente a la forma orto. El pH es ajustado al primer punto final alrededor de 4.5 y nitrato de plata es agregado. Acido nítrico es liberado estequiométricamente y éste es determinado por titulación con solución de hidróxido de sodio 0.2N .

El método se basa en la reacción



Se ha determinado que los silicatos y boratos no interfieren, aunque los metales pesados podrían afectar la solución de los fosfatos en el agua destilada.

7.5.2 Procedimiento

En un crisol de platino pesar con exactitud una cantidad de muestra, o medir una alícuota de la solución del granel, para obtener cerca de 0.4 gr P_2O_5 . Agregar nitrato de sodio en una cantidad cerca de dos veces el peso de la muestra y quemar suave y cuidadosamente la mezcla sobre una llama bunsen para destruir toda la materia orgánica.

Cuando se haya enfriado, extraer con agua destilada caliente la masa carbonizada, transferir a un vaso Erlenmeyer de 250 ml y ajustar el volumen a aproximadamente 150 ml. Agregar 10 ml de solución de ácido nítrico al 50 % y hervir suavemente durante 40 minutos para convertir todos los fosfatos condensados a la modificación orto. Mantener un vidrio de reloj u otra cubierta de vidrio sobre el vaso Erlenmeyer durante esta operación.

Enfriar la solución, transferir a un recipiente volumétrico graduado de 250 ml y diluir a 250 ml. Filtrar una porción de la solución a través de papel filtro Whatman 541 o similar, colectando el filtrado en un recipiente adecuado. Pipetear una alícuota de 50 ml del filtrado y transferir a un vaso Erlenmeyer de 250 ml, agregar un poco de agua destilada y titular la solución con solución de hidróxido de sodio 1N, potenciométricamente o en presencia de un indicador adecuado, hasta un punto final alrededor de pH 5.

Agregar 10 ml de la solución de nitrato de plata al 15 %, agitar vigorosamente, y titular el ácido nítrico liberado con la solución de hidróxido de sodio 0.2N, agitando continuamente hasta que el punto final sea

indicado.

$$P_2O_5 \text{ total} = (887.5 * N * V_2) / (V_1 * W) \% \text{ m/m},$$

donde

N=normalidad de la solución de hidróxido de sodio usada para la titulación final

V₂=volumen usado de la solución de hidróxido de sodio en la titulación final

V₁=volumen de la alícuota usada para la titulación

W=peso de la muestra

A la fórmula original presentada por Longman(23) se agregó el factor N, con lo cual la fórmula se aplica a cualquier valor derivado de la estandarización de la solución de hidróxido de sodio, obteniéndose así un valor del porcentaje de P₂O₅ más exacto. La fórmula original de Longman es aplicable únicamente cuando la solución de hidróxido es de normalidad igual a la unidad, por lo cual el factor N no aparece en la fórmula.

7.5.3 Estandarización del procedimiento

7.5.3.1 Se establece un tamaño estándar de 1.5 a 3 gramos el peso de las muestras sólidas y de 10 ml para las muestras líquidas; estos tamaños de muestra se adecúan a los fines del presente trabajo conforme la Tabla 3 de los anexos.

7.5.3.2 Se establece en 50 mililitros la medida estándar para el volumen de las alícuotas V₁ en la fórmula para el cálculo del valor de fosfatos totales.

7.5.3.3 Si al seguir el procedimiento estandarizado alguna muestra llega a gastar alrededor de 30 ml de solución estandarizada de hidróxido de sodio 0.2N, o 12 ml de solución estandarizada NaOH 0.5N, entonces la determinación debe ser repetida, usando esta vez una alícuota de 25 ml; ésto se debe a que el nitrato de plata siempre debe estar en

exceso (ver Tabla 3).

7.6 Diseño estadístico

Se establece dos niveles de exactitud para un plan de muestreo doble, los que se reconocen como nivel A, para un nivel de confianza alrededor del 95 por ciento, y nivel B, para un nivel de confianza alrededor del 99.73 por ciento. El nivel B se establece para estimar valores del contenido de fosfatos cercanos al valor crítico de 11 % m/m P_2O_5 de la especificación de la norma guatemalteca NGD 30 017:89. Para el detergente en polvo U de las tablas 1 y 2 el valor crítico es de 16 %. El nivel B se debe aplicar cuando el valor estimado caiga dentro del rango 9-13 % m/m P_2O_5 en el caso de los detergentes para uso doméstico y de 14-18 % en el caso del detergente en polvo U.

Para la estimación de las medias muestrales se establece un error máximo de muestreo del 5 por ciento.

7.6.1 Estimaciones sobre las variaciones en las poblaciones del universo de trabajo

Generalmente las variaciones en este tipo de poblaciones se ven restringidas debido a la aplicación de límites de control en los procesos de producción de los productos que las constituyen, límites que pueden responder a criterios de carácter técnico y en muchos casos a criterios de carácter estadístico. Si una fracción de la población llega a presentar variaciones fuera de los límites de control, generalmente se lleva a cabo el reproceso para corregir y situar tal fracción dentro de los límites de

control.

Cuando los límites de control responden a un criterio técnico de aceptación, que en el caso de los fosfatos en los detergentes sería el de la efectividad del producto terminado, la distribución poblacional de las características de interés podría no ser normal, aunque usualmente se considera que las poblaciones de los productos industriales presentan una distribución normal(29).

Para los fines del cálculo de los tamaños de muestra en el presente trabajo se considera que las poblaciones presentan una distribución normal. Se asume que todos los procesos de manufactura de los detergentes para lavandería comercializados en el país se encuentran bajo control y se estima una variación máxima de ± 10 por ciento alrededor de las medias poblacionales de los niveles de fósforo correspondientes.

Como criterio de calidad, si la muestra de alguna marca presenta mayor variación que la estimada con anterioridad, se considera que el proceso está fuera de control.

7.6.2 Cálculo del tamaño de las muestras

7.6.2.1 Nivel A(95 por ciento de confianza)

$$De\ n = \frac{\sigma^2}{\frac{\sigma^2}{k}}$$

$$\sigma = (0.1/3)\mu \quad y \quad \sigma_k = (0.05/2)\mu$$

$$n = \frac{(0.1/3)^2 \mu^2}{(0.05/2)^2 \mu^2}$$

$$n = 1.78 \approx 2$$

7.6.2.2 Nivel B(99.73 por ciento de confianza)

Otra ecuación para el cálculo del tamaño de muestra es $n=(3V/E)^2$ (29), donde V es el coeficiente de variación del universo y E es el error máximo de muestreo, expresados como por cientos; de esta fórmula $n=\frac{(3)^2(10/3)^2}{(5)^2}$ y $n=3.99 \approx 4$.

7.6.3 Toma de las muestras

Se debe coleccionar, en principio, 4 productos por cada marca, los cuales deben proceder de cuatro lugares de venta diferentes y distantes entre sí. En el caso de las marcas con frecuencia 3 y 2 de la Tabla 2 solamente se coleccionará 3 y 2 productos, respectivamente. Una nota sobre la procedencia, destino y fecha de la colecta, debe acompañar a cada producto.

El tamaño de muestra para las marcas que contengan fosfatos fuera del rango 9-13 % m/m P_2O_5 es de 2 productos, correspondiente al nivel de confianza de 95 por ciento (nivel A de muestreo o inspección), ya que al encontrarse el contenido de fosfatos alejado del valor crítico de 11 % m/m P_2O_5 , este nivel es adecuado para determinar con confianza si las marcas tienen un contenido mayor o menor que 11 %. Para las marcas con contenido dentro del rango 9-13 % se requiere un tamaño de muestra de 4 productos, correspondiente al nivel de confianza de 99.73 por ciento (nivel B de muestreo), ya que al encontrarse el contenido de fosfatos cercano al valor crítico de 11 % m/m P_2O_5 , se requiere mayor confianza para determinar si las marcas tienen un contenido menor, igual o mayor que 11 %.

7.7 Criterios para la asignación de los valores de los porcentajes de fosfatos

El contenido de fosfatos se calculará como el porcentaje masa/masa de pentóxido de fósforo.

Los datos de las medias muestrales derivados de los análisis se aproximarán a la primera cifra decimal y los datos así aproximados constituirán los valores asignados a las diferentes marcas.

Debido al error relativo de ± 5 por ciento inherente a los cálculos, los valores críticos de 11 y 16 % m/m P_2O_5 se reconocen equivalentes a los rangos 10.5-11.6 % y 15.2-16.8 % respectivamente.

Como criterio de calidad, si la muestra de alguna marca presenta mayor variación que la estimada para la población, se considera que el proceso de producción correspondiente está fuera de control y se asignará el dato más elevado de fosfatos encontrado en las muestras analizadas y no la media muestral, como el valor del contenido de fosfatos correspondiente a dicha marca.

7.8 Análisis de resultados

7.8.1 Estadística descriptiva

De los datos derivados de las determinaciones del contenido de fosfatos totales como % P_2O_5 m/m se calculará para cada marca del universo de trabajo el valor de la media muestral así como el recorrido relativo respecto a la media, expresado porcentualmente.

Si el recorrido relativo es menor del 20 por ciento, el valor de la media muestral aproximado a la primera cifra decimal corresponde al valor,

del contenido de fosfatos a ser asignado a la marca.

Si el recorrido relativo es mayor del 20 por ciento, corresponde al valor del contenido de fosfatos a ser asignado a la marca el dato del contenido de fósforo más elevado encontrado en la muestra y no el valor de la media muestral, según criterio de calidad del inciso 7.7.

7.8.2 Interpretación de resultados

Para su evaluación, los detergentes del universo de trabajo conservarán la agrupación según su forma física: detergentes en polvo, detergentes en tableta y detergentes líquidos.

7.8.2.1 Detergentes en polvo

Estos detergentes se evaluarán respecto a su cumplimiento con la norma guatemalteca obligatoria NGD 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos. El criterio para la evaluación de estos detergentes es el siguiente: si el valor del contenido de fosfatos asignado a una marca es igual o menor que 11.6 % m/m P_2O_5 , se observará con el calificativo "CUMPLE"; si el valor asignado es mayor que 11.6%, se observará "NO CUMPLE". Se calculará el porcentaje de las marcas del universo de trabajo que no cumplen con la norma oficial como el dato que aceptará o rechazará la hipótesis 6.1. Si existe este porcentaje entonces la hipótesis sería aceptada.

7.8.2.2 Detergentes en tableta y detergentes líquidos

Para cada uno de estos grupos se calculará el porcentaje de marcas cuyos valores del contenido de fosfatos resulten mayores que 11.6 % m/m P_2O_5 .

El informe sobre el porcentaje resultante de todas las marcas del universo de trabajo con contenidos de fósforo mayores que 11.6 % m/m P_2O_5 constituirá la verificación de la hipótesis 6.2(hipótesis de trabajo).

7.8.3 Presentación gráfica de los resultados

Los resultados serán presentados en cajas de Tuckey para efecto de la apreciación global de la situación de las marcas de detergentes para lavandería distribuidas en el mercado respecto a los valores de fosfatos encontrados, así como para la apreciación de alguna posible tendencia en este mercado.

B. RESULTADOS

8.1

Cumplimiento de los detergentes en polvo con respecto a la norma guatemalteca obligatoria NGO 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos

marca	contenido de fosfatos (como % m/m P_2O_5)	cumplimiento con norma NGO 30 017:89
A	5.4 %	CUMPLE
B	5.2 %	CUMPLE
E	0 %	CUMPLE
F	18.0 %	NO CUMPLE
G	4.1 %	CUMPLE
H	10.4 %	CUMPLE
I	7.4 %	CUMPLE
J	0 %	CUMPLE
O	7.2 %	CUMPLE
Q	11.4 %	CUMPLE
R	0 %	CUMPLE
S	23.4 %	NO CUMPLE
U	6.6 %	CUMPLE

% "NO CUMPLE" = 15.39 %

El contenido máximo de fosfatos establecido en la norma es 11 % m/m P_2O_5 ; el error de muestreo confiere una tolerancia de ± 5 por ciento a los datos estimados.

Las marcas M y N del universo de trabajo desaparecieron del mercado. Las marcas E, J y R son los detergentes en polvo importados de los Estados Unidos de América. El detergente de la marca U modificó la leyenda de su empaque, cambiando su clasificación de detergente para uso industrial a detergente para uso doméstico.

8.1

Cumplimiento de los detergentes en polvo con respecto a la norma guatemalteca obligatoria HD 30 017:87 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos

marcas
contenido de fosfatos
(como P_2O_5)
cumplimiento con norma
HD 30 017:87

8.2

Porcentaje de marcas de los detergentes para lavandería en polvo, líquidos y en tabletas con contenidos de fosfatos mayores que 11 % m/m P_2O_5

Tipo de detergentes	Total de marcas analizadas	Media del contenido de fosfatos del total de las marcas	Número de marcas con contenido de fosfatos > 11 % m/m P_2O_5
EN POLVO	13	7.6 % m/m P_2O_5	2
EN TABLETA	18	0.8 % m/m P_2O_5	0
LIQUIDOS	8	0 %	0

Porcentaje total de marcas que contienen fosfatos en concentraciones mayores que 11 % m/m $\text{P}_2\text{O}_5 = 5.13 \%$

El total de marcas analizadas representa alrededor del 95 por ciento del mercado interno de detergentes para lavandería del país actualmente

$\bar{x} = 12.39 \%$

El contenido máximo de fosfatos establecido en la norma es 11 % m/m P_2O_5 . El error de muestreo confiere una incertidumbre de 1.2 por ciento a los datos estadísticos.

Las marcas M y N del universo de trabajo desaparecieron del mercado. Las marcas E, J y R son los detergentes en polvo importados de los Estados Unidos de América. El fabricante de la marca U modificó la leyenda de su etiqueta, cambiando su clasificación de detergente para uso industrial a detergente para uso doméstico.

9. DISCUSION

En el mercado local guatemalteco de los detergentes para lavandería, los detergentes en tableta son igual o más consumidos que los detergentes en polvo, mientras que los detergentes líquidos son notoriamente el rubro de menor nivel de consumo. El uso de las tabletas parece ser más común en las poblaciones del interior del país, en tanto que en las zonas densamente pobladas como la zona de la ciudad de Guatemala y sus alrededores, los detergentes en polvo y las tabletas virtualmente son usados con la misma frecuencia.

Las características del entorno natural y de orden poblacional locales son determinantes para el desarrollo de condiciones de contaminación ambiental en una región determinada, y en el caso de la eutroficación cultural, debido a que el ciclo biológico del fósforo se desarrolla en el suelo, el agua y no así en el aire, este problema de contaminación tiende a presentarse en casos más bien localizados y no tanto generalizados, como ha sucedido en el caso de la contaminación atmosférica.

En forma global, las marcas de los detergentes del universo de trabajo presentan una media de contenido de fosfatos alrededor del 3 por ciento masa/masa como pentóxido de fósforo (P_2O_5). Solamente el 5.13 por ciento de estos productos resultó contener fosfatos en concentraciones mayores que 11 % m/m P_2O_5 , valor que corresponde al máximo permitido en los detergentes en polvo según establecido en la norma oficial guatemalteca NGO 30 017:89.

Estos datos, sin embargo, constituyen apreciaciones de utilidad limitada ya que los tres tipos de detergentes para lavandería (líquidos, en polvo y en tabletas) como grupos, difieren notoriamente en su distribución en el mercado, su nivel de consumo en el país, y así mismo resultaron diferir en su contenido de fosfatos. Es por ello que conviene el análisis

por partes más que un análisis global.

Con respecto a los detergentes líquidos, la ausencia de fosfatos en estos productos implica que los mismos no se encuentran involucrados directamente en el problema de la contaminación ambiental por descarga de fosfatos. Sin embargo, el consumo de estos productos no ha alcanzado un nivel significativamente alto en relación a los otros detergentes como para disminuir la descarga neta de fosfatos en el medio ambiente.

Los detergentes en tableta sí presentan este efecto frente al consumo de los detergentes en polvo, ya que el 89 por ciento de las marcas de las tabletas resultó no contener fosfatos, en tanto que el restante 11 por ciento presentó una media de contenido de fósforo de 7 % m/m P_2O_5 (equivalente a 12.1 % m/m como tripolifosfato de sodio, o a 16.2 % m/m como fosfato trisódico). La media de fosfatos de este grupo es de 0.8 % P_2O_5 .

En base a estos datos resulta confiable considerar que los detergentes en tableta del mercado local actualmente no participan de manera significativa en la descarga de fosfatos en el ambiente. No obstante, en el futuro esta situación podría cambiar debido a la falta de restricción gubernamental sobre el contenido de fosfatos en estos productos.

Los detergentes en polvo sí resultaron contener fosfatos significativamente, siendo la excepción los productos importados de los Estados Unidos de América, los cuales constituyen un grupo minoritario en el mercado local de consumo, que sin embargo confirman la existencia de formulaciones exentas de fosfatos para los detergentes en polvo. En los países desarrollados se está adoptando cada vez más políticas de protección al medio ambiente ya que la experiencia ha venido enseñando que los recursos naturales son verdaderamente limitados.

Los detergentes en polvo de fabricación local resultaron con fosfatos en concentraciones que varían desde 4.1 % m/m P_2O_5 hasta concentraciones

significativamente altas, siendo el valor más alto encontrado de 23.4 % m/m P_2O_5 (equivalente a 40.4 % m/m como tripolifosfato de sodio *, o a 54.1 % m/m como fosfato trisódico). La media de fosfatos de este grupo es de 7.6 % m/m P_2O_5 , que excluyendo a los productos estadounidenses se eleva a 10 %.

Como se señaló anteriormente, la norma guatemalteca obligatoria NGO 30 017:89 referente a los detergentes en polvo, establece el límite máximo permitido para el contenido de fosfatos en 11 % m/m P_2O_5 , especificación que se encuentra acompañada por una nota que textualmente señala: "A nivel mundial existe una gran preocupación por el efecto de los fosfatos sobre el medio ambiente y, como consecuencia, ha habido una tendencia general a disminuir su uso como secuestrantes en los detergentes; sin embargo, aún no se ha encontrado un aditivo que pueda reemplazar completamente a los fosfatos y por lo mismo, en esta norma se establecen valores que serán estudiados periódicamente con el objeto de proceder a su modificación a la luz de los resultados que la investigación vaya aportando tanto en relación a la contaminación del medio ambiente así como al uso de nuevos aditivos secuestrantes".

El hecho que los detergentes en polvo fabricados en los Estados Unidos de América y comercializados en Guatemala no contienen fosfatos, constituye una muestra sobre la existencia de alternativas al uso de los fosfatos, o en su defecto, un indicio de que los fosfatos posiblemente contaminan en un grado mayor del que se ha pensado.

Por su parte, el valor de la especificación sobre el contenido de fosfatos de la norma oficial aún no parece poder ser evaluado, ya que en principio, la restricción no ha sido acatada por la totalidad de los fabricantes y distribuidores. El porcentaje de las marcas de los detergentes

* El tripolifosfato de sodio es el fosfato más usado en los detergentes formulados

en polvo que en el presente estudio resultó no cumplir con la especificación sobre el contenido de fosfatos de la norma es de 15.4 por ciento, incluyendo las marcas de los detergentes estadounidenses; excluyéndolos, este porcentaje es de 20 por ciento.

Los datos obtenidos sobre los detergentes en polvo del mercado local revelan que estos productos participan significativamente en la descarga de fosfatos en el medio ambiente, lo que se apreciaría mejor si se contara con datos sobre el consumo de estos detergentes bajo parámetros poblacionales. Sin embargo resulta fácil estimar que en las zonas altamente pobladas del país como la zona de la ciudad de Guatemala y sus alrededores, las cantidades de fosfatos arrojadas al medio ambiente por consumo de estos productos se encuentran en el orden de las decenas y quizás centenas de toneladas por mes.

También resulta pertinente esperar que la contaminación por descarga de fosfatos en el país tienda a ser mayor en las regiones donde los detergentes en polvo sean mayormente consumidos.

El lago de Amatitlán, por ejemplo, es un lago que además de ser naturalmente eutrófico (viejo), es receptor de las aguas residuales de la zona más poblada e industrializada del país. Por el año de 1987 una serie de análisis de las aguas de los ríos tributarios de este lago reveló concentraciones medias de fosfatos de 768 ppm para el río Villalobos (el principal tributario), y de 100 ppm para los demás ríos(19); el criterio sobre la concentración máxima aceptable de fosfatos inorgánicos en las aguas de los sistemas acuáticos naturales varía dentro del rango de 0.03-0.40 ppm(20).

Los problemas de contaminación del medio ambiente acuático del país y del medio ambiente en general, solamente se podrán solucionar mediante la investigación sistemática y la implementación de medidas adecuadas, que en

el caso de la eutroficación cultural serían el seguimiento de la carga y descarga de fósforo y otros nutrientes en los cuerpos de agua afectados, y el control sobre los productos y procesos que incorporen estos nutrientes en el medio, entre otros. Es posible que la ausencia de fosfatos en las formulaciones actuales de los detergentes en polvo estadounidenses haya evolucionado de esta manera.

El índice de incorporación de fosfatos requiere especial atención debido a que la experiencia ha mostrado que el fósforo es el factor limitante más común en los casos de eutroficación, y el único factor que con facilidad puede ser controlado(2,9,12).

el caso de la nutrición cultural sería el seguimiento de la carga y descarga de fósforo y otros nutrientes en los cuerpos de agua afectados, y el control sobre los productos y procesos que incorporan estos nutrientes en el medio, entre otros. Es posible que la ausencia de fósforo en las formulaciones actuales de los detergentes en polvo estadounidenses haya evolucionado de esta manera.

El índice de incorporación de fósforo requiere especial atención debido a que la experiencia ha mostrado que el fósforo es el factor limitante más común en los casos de eutrofización, y el único factor que con facilidad puede ser controlado (2,9,12).

10. CONCLUSIONES

- 10.1 Alrededor del 15 por ciento de las marcas de los detergentes en polvo comercializados en Guatemala no cumplen con la especificación de la norma guatemalteca obligatoria NGD 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos.
- 10.2 Alrededor del 5 por ciento de las marcas de los detergentes para lavandería: en polvo, líquidos y en tabletas, comercializados en Guatemala, contienen fosfatos por encima del límite máximo establecido por la norma NGD 30 017:89 limitada a los detergentes en polvo.
- 10.3 Entre los detergentes para lavandería comercializados en Guatemala, los detergentes líquidos no se encuentran involucrados en la descarga de fosfatos en el medio ambiente, en tanto que los detergentes en tabletas se encuentran involucrados pero de manera no significativa.
- 10.4 Los detergentes en polvo comercializados en Guatemala contienen fosfatos en concentraciones capaces de contaminar el medio ambiente en las regiones de alto consumo.

10.1 Alrededor del 12 por ciento de las marcas de los detergentes en polvo comercializados en Guatemala no cumplen con la especificación de la norma guatemalteca obligatoria NRD 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos.

10.2 Alrededor del 5 por ciento de las marcas de los detergentes para lavandería: en polvo, líquidos y en tabletas, comercializados en Guatemala, contienen fosfatos por encima del límite máximo establecido por la norma NRD 30 017:89 limitada a los detergentes en polvo.

10.3 Entre los detergentes para lavandería comercializados en Guatemala, los detergentes líquidos no se encuentran involucrados en la descarga de fosfatos en el medio ambiente, en tanto que los detergentes en tabletas se encuentran involucrados pero de manera no significativa.

10.4 Los detergentes en polvo comercializados en Guatemala contienen fosfatos en concentraciones capaces de contaminar el medio ambiente en las regiones de alto consumo.

11. RECOMENDACIONES

11.1 Es necesario continuar la investigación acerca de la contaminación ambiental derivada de la descarga de fosfatos como consecuencia del consumo de los detergentes en polvo, con el objeto de poder determinar si la especificación de la norma NGO 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos se adecúa a las condiciones actuales de contaminación en el país.

11.2 Es necesario implementar el control sistemático sobre aquellos productos que como los detergentes formulados representen un peligro potencial para el medio ambiente. Hoy día, el intercambio comercial con los países desarrollados tiende a estar condicionado por políticas de carácter ambientalista.

11.1 Es necesario continuar la investigación acerca de la contaminación ambiental derivada de la descarga de fosfatos como consecuencia del consumo de los detergentes en polvo, con el objeto de poder determinar si la especificación de la norma NBO 30 017:89 sobre el contenido máximo permitido de fosfatos en estos productos es adecuada a las condiciones actuales de contaminación en el país.

11.5 Es necesario implementar el control sistemático sobre aquellos productos que como los detergentes formulados representan un peligro potencial para el medio ambiente. Hoy día, el intercambio comercial con los países desarrollados tiende a estar condicionado por políticas de carácter ambientalista.

12. REFERENCIAS

- (1) Higgins IJ. The Chemistry of Pollution. London: Academic Press, 1975. 248p.
- (2) Emsley J, Hall D. The Chemistry of Phosphorous; environmental, organic, inorganic, biochemical, and spectroscopic aspects. London: Harper and Row Publishers, 1976. 563p.
- (3) Dickson TR. Química: enfoque ecológico. Corona H, trad. México: Limusa, 1980. 406p.
- (4) Streitweiser A, Heathcock C. Química Orgánica. Corona H, trad. México: Interamericana, 1979. 1258p.
- (5) Waggaman WH. Phosphoric acid, phosphates and phosphatic fertilizers. 2 ed. New York: Hafner Publishing Company, 1969. 683p.
- (6) Schweiker G. Detergent Builders. JAOCS 1981;february:170A-173A.
- (7) Neiditch OW. Minor additives in heavy-duty laundry detergents. JAOCS 1981;february:162A-165A.
- (8) Bluestein et al. Update on Surfactants; what do we have to work with? JAOCS 1981;february:173A-177A.
- (9) Woollatt E. The manufacture of soaps, other detergents and glycerine. New York: John Wiley & Sons, 1985. 473p.
- (10) Standard Terminology Relating to Soaps and Other Detergents. Washington: ASTM, Doc. Tec. D 459-92, 1992.
- (11) Cain RB et al. Surfactant Biodegradation: Metabolism and Enzymology. p.136-144. (In Walters AH, Hueek-van der Pas EH, eds. Biodegradation of Materials. Barking-Essex, England: Applied Science Publishers Limited, 1972. xii+514p.)
- (12) Ravera O. Some Selected Examples of Eutrophicated European Lakes. p.177-183. (In Nurnberg HW, ed. Pollutants and their ecotoxicological significance. Chichester, England: John Wiley & Sons, 1985. 315p.)
- (13) Ruivo M et al. La contaminación: un problema internacional para la pesca. Roma: FAO, 1971. 99p.
- (14) Levitt B. Detergents, Oils; detergents and maintenance specialties. New York: Chemical Publishing Co. 2 vols., 1967.
- (15) Van Nostrand's Scientific Encyclopedia. 4 ed. London: Van Nostrand's Co., 1968. 2008p.
- (16) Cordero CM. Evaluación rápida de fuentes contaminantes en la parte sur de la ciudad de Guatemala. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala(tesis de graduación, Facultad de Ingeniería), 1991. 108p.

- (17) Morales R, Drozco J. Algunas consideraciones sobre el alcantarillado y la industria en la subcuenca del lago de Amatitlán. p.no numeradas. (En Memorias Simposium Estudios Recientes sobre la Contaminación del Lago de Amatitlán. Guatemala: CATIE, 1987. p.no numeradas.)
- (18) Basterrechea M. Enfoque global del lago de Amatitlán y su cuenca. p.no numeradas. (En Memorias Simposium Estudios Recientes sobre la Contaminación del lago de Amatitlán. Guatemala: CATIE, 1987. p.no numeradas.)
- (19) Basterrechea M et al. Causas de la contaminación de 7 ríos tributarios de la subcuenca del lago de Amatitlán. p.no numeradas. (En Memorias Simposium Estudios Recientes sobre la Contaminación del lago de Amatitlán. Guatemala: CATIE, 1987. p.no numeradas.)
- (20) Black JA. Water Pollution Technology. Reston, USA: Reston Publishing Co., 1977. 260p.
- (21) Paz HI. Determinación del nivel actual en el transporte y descarga del lago de Amatitlán del surfactante aniónico sulfato de alquilobenceno el cual se degrada muy lentamente y proviene del uso creciente de detergentes sintéticos. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala (Tesis de graduación, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia), 1983. 68p.
- (22) Detergente sintético en polvo. Guatemala: COGUANOR, Doc. Tec. NGO 30 017:89, 1989.
- (23) Longman GF. The analysis of detergents and detergent products. London: John Wiley & Sons, 1975. 587p.
- (24) Phosphates. USA: AOCS, Doc. Tec. Official Method Da 20b-57, 1989.
- (25) Phosphates. USA: AOCS, Doc. Tec. Official Method Da 20a-48, 1989.
- (26) Analysis of formulated detergents; method for determination of total phosphorous(V) oxide content. England: BSI, Doc. Tec. BS 3762: Section 3.19: 1983, 1983.
- (27) Jabones y Detergentes; determinación de fosfatos. Guatemala: COGUANOR, Doc. Tec. NGO 30 022 h5, 1993.
- (28) Libros de actas de los registros de productos higiénicos de la División de Registro y Control de Medicamentos del Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social de Guatemala.
- (29) Cao RJ. Principios y Métodos Estadísticos para Comercio y Economía. Cincinnati: South-Western Publishing Co., 1980. 500p.
- (30) Daniel WW. Bioestadística; base para el análisis de las ciencias de la salud. 3 ed. Guzmán M, trad. México: Limusa, 1988. 667p.

13. ANEXOS

13.1 GLOSARIO TECNICO

13.2 TABLAS

Tabla 1: Esquema de la distribución de frecuencias de las marcas de detergentes para lavandería en el mercado de Guatemala

Tabla 2: Universo de trabajo

Tabla 3: Valores del consumo de reactivos en la determinación de fosfatos totales por el método de precipitación de ortofosfato de plata y titulación potenciométrica

Tablas 4-A,B,C: Datos correspondientes a los análisis de las muestras de detergentes

13.3 Gráfica en cajas de Tuckey sobre el contenido de fosfatos de los detergentes para lavandería en polvo, en tableta y líquidos, comercializados en Guatemala

13.4 Listado de la procedencia de las muestras de los detergentes de las tablas 4-A,B,C

13.1 GLOSARIO TECNICO

DETERGENTE: Producto de limpieza que combinado con agua logra remover y dispersar las partículas de suciedad adheridas a la superficie del material a ser limpiado, y cuyo principio activo es un surfactante orgánico de cadena larga, de origen natural o sintético.

DETERGENTE EN EMULSION: Detergente de consistencia líquida cuyo ingrediente activo se encuentra incorporado en forma micelar.

DETERGENTE EN POLVO: Detergente sólido granulado de bajo contenido de humedad.

DETERGENTE EN TABLETA: Detergente sólido comprimido en tabletas generalmente grandes de forma ovoide, esférica, cilíndrica, u otra.

DETERGENTE FORMULADO: Jabón o detergente sintético en el cual el principio activo se ha combinado con uno o más compuestos, orgánicos o inorgánicos, para mejorar su efectividad de limpieza.

DETERGENTE LIQUIDO: Detergente en emulsión.

DETERGENTE SINTETICO: Detergente cuyo principio activo es un surfactante orgánico de origen sintético.

JABON: Detergente cuyo principio activo es la sal de sodio o potasio de un carboxilato derivado de alguna grasa o aceite natural.

PRODUCTO DETERGENTE: Detergente.

LABON: Detergente cuyo principio activo es la sal de sodio o potasio de un
carboxilato derivado de alguna grasa o aceite natural.

PRODUCTO DETERGENTE: Detergente.

13.2 TABLAS

TABLA 1

Esquema de la distribución de frecuencias de las marcas de detergentes para lavandería del mercado de Guatemala, según estudio realizado en abril del año 1993 en 10 supermercados localizados en cinco zonas del sur y occidente de la ciudad de Guatemala, 1 supermercado en la población de Villa Nueva, y en el mercado de la ciudad de Amatitlán. El número de frecuencia equivale al número de lugares donde las marcas fueron encontradas

DETERGENTES EN POLVO		DETERGENTES EN TABLETA		DETERGENTES LIQUIDOS	
marca(notal)	frecuencia	marca(notal)	frecuencia	marca(notal)	frecuencia
A	11	A	9	A	2
B	7	B	1	B	6
C	1	C	7	C	2
D	1	D	4	D	6
E(notas2)	3	E	1	E(notas2)	2
F	5	F(notas4)	6	F	5
G	10	G	3	G(notas2)	4
H	11	H	6	H	6
I	6	I	4	I(notas2,5)	4
J	5	J	7	J(notas5)	2
K	1	K	1	K	1
L	1	L	4		
M	3	M	7		total 40
N	3	N	3		
O	8	O	10		
P(notas2)	1	P	7		
Q	10	Q	3		
R	4	R	1		
S	11	S	3		
T(notas2)	2	T	5		
U(notas3)	2	U	2		
V	1	V	6		
W	1	W	8		
	total 108		total 108		

notal: La presentación en esquema tiene por objeto la protección de los nombres comerciales. Se presenta las marcas con literales ya que para fines prácticos de control las marcas fueron ordenadas alfabéticamente. Sin embargo, esto no significa que las literales corresponden a las iniciales de los nombres comerciales. En algunas ocasiones un mismo fabricante usa un mismo nombre comercial para productos diferentes; en estos casos, los productos se diferencian por palabras complementarias. Es factible que un mismo producto posea más de un nombre comercial

notas2: Estos productos declaran no contener fosfatos

notas3: Este es el único producto para uso industrial

notas4: Este producto declara contener fosfato trisódico(TSP)

notas5: Los detergentes líquidos I y J son productos de la misma marca pero fabricados en diferente país, los dos importados; I se declara exento de fosfatos mientras J no declara nada

TABLA 1

Examen de la distribución de frecuencias de las marcas de detergentes para lavandería del mercado de Guatemala, según estudio realizado en abril del año 1993 en 10 supermercados localizados en cinco zonas del sur y occidente de la ciudad de Guatemala, 1 supermercado en la población de Villa Nueva, y en el mercado de la ciudad de Amatlán. El número de frecuencias equivale al número de lugares donde las marcas fueron encontradas.

DETERGENTES EN PÓLVOS (marcas totales) frecuencia		DETERGENTES EN TABLETA (marcas totales) frecuencia		DETERGENTES LIQUIDOS (marcas totales) frecuencia	
A	11	A	7	A	3
B	7	B	1	B	4
C	1	C	7	C	3
D	1	D	4	D	4
E (notas)	3	E (notas)	1	E (notas)	3
F	2	F (notas)	4	F	2
G	10	G	3	G (notas)	4
H	11	H	4	H	4
I	4	I	4	I (notas, S)	4
J	2	J	7	J (notas)	3
K	1	K	1	K	1
L	1	L	4		
M	3	M	7	Total 40	
N	3	N	3		
O	8	O	10		
P (notas)	1	P	7		
Q	10	Q	3		
R	4	R	1		
S	11	S	3		
T (notas)	2	T	2		
U (notas)	2	U	2		
V	1	V	4		
W	1	W	8		
	Total 108		Total 108		

notas: La presentación en recipientes tiene por objeto la protección de los nombres comerciales. Se presenta las marcas con listados ya que para fines prácticos de control las marcas fueron ordenadas alfabéticamente. Sin embargo, esto no significa que las listados correspondan a las iniciales de los nombres comerciales. En algunas ocasiones un mismo fabricante usa un mismo nombre comercial para productos diferentes; en estos casos, los productos se diferencian por palabras complementarias. Es factible que un mismo producto posea más de un nombre comercial. Estos productos declaran no contener fosfatos. Este es el único producto para uso industrial. Este producto declara contener fosfato trisódico (TSP). Los detergentes líquidos L y J son productos de la misma marca pero fabricados en diferentes países, los dos reportados; L se declara exento de fosfatos mientras J no declara nada.

TABLA 2
UNIVERSO DE TRABAJO

DETERGENTES EN POLVO	DETERGENTES EN TABLETA	DETERGENTES LIQUIDOS
marcas	marcas	marcas
A	A	A
B	C	B
E	D	C
F	F	D
G	G	E
H	H	F
I	I	G
J	J	H
M	L	I
N	M	J
O	N	
Q	O	
R	P	
S	Q	
U	S	
	T	
	V	
	W	

Las literales corresponden a las marcas del esquema de distribución de marcas de la Tabla 1. El total de las marcas de esta tabla constituye alrededor del 95 por ciento de los detergentes para lavandería del mercado interno del país actualmente

TABLA 3

Valores del gasto de soluciones de hidróxido de sodio 0.20 y 0.50 N, y de solución de nitrato de plata al 15 % m/v, correspondientes a diferentes cantidades netas equivalentes de P_2O_5 presentes en muestras de detergentes de peso $W= 1.50$ y 3.0 gramos analizadas en su contenido de fosfatos de acuerdo al procedimiento estandarizado del inciso 7.5.3

gramos P_2O_5	% P_2O_5 m/m		gasto solución NaOH		volumen mínimo requerido de solución $AgNO_3$ 15 % m/v
	W=1.50gr	W=3.0gr	0.20N	0.50N	
0.050 gr	3.33 %	1.67 %	1.46 ml	0.58 ml	0.49 ml
0.075	5	2.50	2.19	0.88	0.73
0.11	7.33	3.67	3.21	1.29	1.07
0.15	10	5	4.23	1.75	1.44
0.30	20	10	8.45	3.51	2.87
0.45	30	15	12.68	5.26	4.34
0.60	40	20	16.90	7.01	5.75
0.90	60	30	25.35	10.52	8.62
1.20	80	40	33.80	14.02	11.49
1.50	100	50	42.25	17.53	14.37

Experimentalmente el método potenciométrico para la determinación de fosfatos totales por precipitación de ortofosfato de plata del inciso 7.5 mostró una sensibilidad para muestras estándar equivalentes a concentraciones de P_2O_5 0.03 y 0.02 % m/v con exactitud alrededor del 99 por ciento al ser trabajadas las soluciones estándar con solución de hidróxido de sodio 0.2024N; los ensayos con solución NaOH 0.4745N para estas concentraciones mostraron una exactitud media del 93.37 por ciento. Soluciones estándar con concentraciones equivalentes de P_2O_5 0.04 y 0.08 % m/v mostraron una exactitud media de 97.57 por ciento al ser trabajadas con la solución NaOH 0.4745N. Estos datos corresponden al resultado de los ensayos con doce soluciones estándar y treinta titulaciones en total.

TABLA 4-A

Valores del contenido de fosfatos reportados como porcentajes m/m de pentóxido de fósforo (P_2O_5) correspondientes a las muestras de los detergentes en polvo del universo de trabajo

marca	número de muestra (x)				\bar{x}	(nota1) (R/ \bar{x})100%
	1	2	3	4		
A	05.4493 %	05.3258 %	-----	-----	05.3876 %	02.29 %
B	05.7307 %	04.6847 %	-----	-----	05.2077 %	20.09 %
E(nota2)	0 %	0 %	-----	-----	0 %	0 %
F	17.3462 %	18.6938 %	-----	-----	18.0200 %	07.48 %
G	03.9363 %	04.3097 %	-----	-----	04.1230 %	09.06 %
H	06.8657 %	10.3478 %	06.4481 %	10.0786 %	08.4351 %	46.23 %
I	05.7139 %	07.3686 %	-----	-----	06.5413 %	25.30 %
J(nota2)	0 %	0 %	-----	-----	0 %	0 %
O(nota3)	06.9761 %	07.4928 %	-----	-----	07.2345 %	07.14 %
Q	11.4299 %	11.3905 %	11.2714 %	11.3039 %	11.3489 %	01.40 %
R(nota2)	0 %	0 %	-----	-----	0 %	0 %
S	23.9949 %	22.7351 %	-----	-----	23.3650 %	05.39 %
U	06.7756 %	06.4532 %	-----	-----	06.6144 %	04.87 %

nota1: Esta columna presenta los valores de los recorridos relativos con respecto a las medias muestrales, expresados porcentualmente

nota2: Las marcas E, J y R son los detergentes en polvo fabricados en los Estados Unidos de América

nota3: Las marcas M y N del universo de trabajo desaparecieron del mercado

TABLE 4-A

Values of content of foetates reported as percentages n/a de genérido de fóstato (P₂O₅) correspondientes a las muestras de los detergentes en polvo del universo de trabajo

MARCA	Número de muestra (n)				T	Total (P ₂ O ₅) (%)
	1	2	3	4		
A	02.4492 X	02.3228 X	-----	-----	02.3876 X	02.59 X
B	02.7807 X	04.6847 X	-----	-----	02.5077 X	20.04 X
E (notas)	0 X	0 X	-----	-----	0 X	0 X
F	17.3445 X	18.4738 X	-----	-----	18.0500 X	07.48 X
G	03.9383 X	04.3097 X	-----	-----	04.1230 X	09.08 X
H	02.8827 X	10.3478 X	06.4481 X	10.0786 X	08.4321 X	44.53 X
I	02.7129 X	07.3086 X	-----	-----	06.2413 X	22.30 X
J (notas)	0 X	0 X	-----	-----	0 X	0 X
O (notas)	02.4761 X	07.4728 X	-----	-----	07.2348 X	07.14 X
Q	11.4599 X	11.3902 X	11.2714 X	11.3032 X	11.3489 X	01.40 X
R (notas)	0 X	0 X	-----	-----	0 X	0 X
S	23.9949 X	22.7221 X	-----	-----	23.3620 X	02.39 X
U	02.7226 X	02.4222 X	-----	-----	02.6144 X	04.87 X

Nota: Esta columna presenta los valores de los porcentajes relativos con respecto a las medias muestrales, expresados porcentualmente.
 Nota: Las marcas E, I y R son los detergentes en polvo fabricados en los Estados Unidos de América.
 Nota: Las marcas F y H del universo de trabajo desaparecieron del mercado.

TABLA 4-B

Valores del contenido de fosfatos reportados como porcentajes m/m de pentóxido de fósforo (P_2O_5) correspondientes a las muestras de los detergentes en tableta del universo de trabajo

marca	número de muestra (x)		\bar{x}	(nota1) $(R/\bar{x})100\%$
	1	2		
A	0 %	0 %	0 %	0 %
C	0 %	0 %	0 %	0 %
D(nota2)	0 %	-----	0 %	0 %
F	07.2913 %	07.7296 %	07.5105 %	05.84 %
G	0 %	0 %	0 %	0 %
H	0 %	0 %	0 %	0 %
I	0 %	0 %	0 %	0 %
J	0 %	0 %	0 %	0 %
L	0 %	0 %	0 %	0 %
M	0 %	0 %	0 %	0 %
N	0 %	0 %	0 %	0 %
O	0 %	0 %	0 %	0 %
P	0 %	0 %	0 %	0 %
Q	0 %	0 %	0 %	0 %
S	0 %	0 %	0 %	0 %
T	06.3982 %	06.4382 %	06.4182 %	00.62 %
V	0 %	0 %	0 %	0 %
W	0 %	0 %	0 %	0 %

nota1: Esta columna presenta los valores de los recorridos relativos con respecto a las medias muestrales, expresados porcentualmente

nota2: Durante el período de colecta de las muestras solamente fue posible obtener una muestra de la marca D

TABLA 4-C

Valores del contenido de fosfatos reportados como porcentajes m/m de pentóxido de fósforo (P_2O_5) correspondientes a las muestras de los detergentes líquidos del universo de trabajo

marca	número de muestra (x)		\bar{x}
	1	2	
B(nota)	0 %	0 %	0 %
D(nota)	0 %	0 %	0 %
E	0 %	0 %	0 %
F	0 %	0 %	0 %
G	0 %	0 %	0 %
H	0 %	0 %	0 %
I	0 %	0 %	0 %
J	0 %	0 %	0 %

nota: Las marcas A y C ya no fueron encontradas en el mercado durante el período de colecta de las muestras

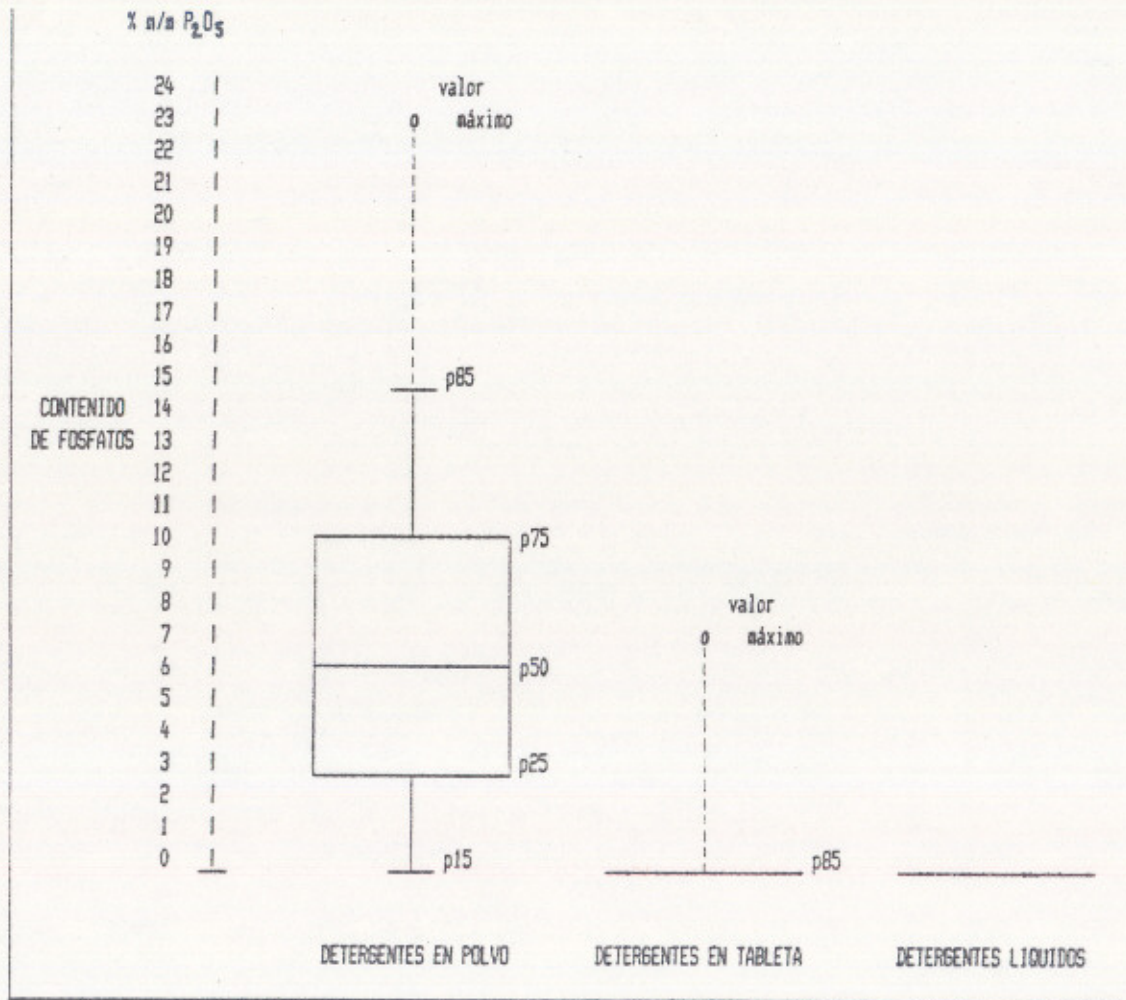
TABLA 4-3

Valores del contenido de los latas reportados como porcentajes en el momento de los ensayos (P_1, P_2) correspondientes a las muestras de los diferentes lotes del mismo verso de trabajo

Marca	Número de muestra		F
	1	2	
B (n=1)	0 X	0 X	0 X
D (n=1)	0 X	0 X	0 X
E	0 X	0 X	0 X
F	0 X	0 X	0 X
G	0 X	0 X	0 X
H	0 X	0 X	0 X
I	0 X	0 X	0 X
J	0 X	0 X	0 X

Nota: Las marcas A y C ya no fueron ensayadas en el momento de los ensayos debido a la falta de colecta de las muestras

GRAFICA EN CAJAS DE TUCKEY SOBRE EL CONTENIDO DE FOSFATOS DE LOS DETERGENTES PARA LAVANDERIA EN POLVO, EN TABLETA, Y LIQUIDOS COMERCIALIZADOS EN GUATEMALA



99

Los valores de la gráfica corresponden a los encontrados en alrededor del 95 por ciento de las marcas existentes en el mercado de consumo en el año 1993. Como se puede observar, el contenido de fosfatos es marcadamente diferente entre los grupos. El 100 por ciento de los detergentes líquidos presenta un contenido de 0 %. Del 100 por ciento de las tabletas el 85 por ciento presenta un contenido de 0 % mientras que el 15 por ciento restante presenta un contenido no mayor que 7.5 %. El grupo de los detergentes en polvo presenta notoria dispersión; alrededor del 50 por ciento presenta un contenido dentro del rango de 3 y 11 %, un 25 por ciento tiende a situarse por debajo de este rango, y el otro 25 por ciento por encima del mismo.

The following table shows the results of the tests carried out on the concrete beams. The first column shows the test number, the second column shows the load at failure, the third column shows the load at first cracking, and the fourth column shows the load at ultimate failure. The fifth column shows the ultimate load divided by the cross-sectional area of the concrete. The sixth column shows the ultimate load divided by the gross cross-sectional area of the beam. The seventh column shows the ultimate load divided by the net cross-sectional area of the beam. The eighth column shows the ultimate load divided by the ultimate strength of the concrete. The ninth column shows the ultimate load divided by the design strength of the concrete. The tenth column shows the ultimate load divided by the characteristic strength of the concrete.



TABLE 13.3.1. MEASUREMENTS OF LOADS AND DEFLECTIONS FOR BEAMS WITH VARIOUS TYPES OF FIBRE REINFORCEMENT

13.4 LISTADO DE LA PROCEDENCIA DE LAS MUESTRAS DE LOS DETERGENTES PARA LAVANDERIA DE LAS TABLAS 4-A,B,C

DETERGENTE EN POLVO	procedencia	DETERGENTE EN TABLETA	procedencia	DETERGENTE LIQUIDO	procedencia
A	DFF,DFV	A	DFN,SS	A	*
B	SS,TS	C	SS,TS	B	DFV,PP
E	TS,EP	D	MA	C	*
F	EEP,TS	F	PP,PM	D	PM,SS
G	PM,DFF	G	PP,PM	E	TS,TA
H	TS,EEP,TA,SS	H	PP,SS	F	PP,PM
I	PM,SS	I	TS,TA	G	PP,PM
J	PM,SR	J	DFV,SS	H	SS,PM
M	*	L	TS,EEP	I	PM,EEP
N	*	M	DFF,DFV	J	TS,TA
O	DFF,PP	N	TS,EEP		
Q	DFN,DFV,SS,TA	O	DFF,DFV		* desaparecieron del mercado
R	EEP,EP	P	PM,SS		
S	DFV,DFN	Q	DFF,DFV		
U	TS,TA	S	TS,TA		
		T	PP,TS		
		V	PP,PM		
		W	SS,EEP		

* desaparecieron del mercado

LUGARES DE MUESTREO:

DFF= Despensa Familiar La Florida
 DFN= Despensa Familiar Nimajuyú
 DFV= Despensa Familiar Villa Nueva
 EP= Exclusivas Periroosevelt
 EEP= Extras de Exclusivas Periroosevelt
 TA= La Torre Aguilar Batres
 TS= La Torre San Juan
 PM= Paiz Metrosur
 PP= Paiz Petapa
 SS= Samaritana San Juan
 SR= Selectas Roosevelt
 MA= Mercado de Amatitlán

MA= Mercado de América
 SR= Selectas Roosevelt
 SS= Sembradas San Juan
 PP= Paiz Petapa
 PM= Paiz Portomar
 TS= La Torre San Juan
 TA= La Torre Aguilera Bateria
 EEP= Exclavas de Exclavas Roosevelt
 EP= Exclavas Roosevelt
 DRV= Drogas Familiar Villa Nueva
 DFM= Drogas Familiar Nimitoy
 DFF= Drogas Familiar La Florida

LUGARES DE ORIGEN:

DETERGENTE EN POLVO		DETERGENTE EN TABLETA		DETERGENTE LIQUIDO	
procedencia	procedencia	procedencia	procedencia	procedencia	procedencia
A	DTF, DRV	A	DRN, SS	A	*
B	SS, TS	C	SS, TS	B	DRV, PP
E	TS, EP	D	MA	C	*
F	EEP, TS	F	PP, PM	D	PM, SS
G	PM, DTF	G	PP, PM	E	TS, TA
H	TS, EEP, TA, SS	H	PP, SS	F	PP, PM
I	PM, SS	I	TS, TA	G	PP, PM
J	PM, SR	J	DRV, SS	H	SS, PM
M	*	L	TS, EEP	I	PM, EEP
N	*	M	DTF, DRV	J	TS, TA
O	DTF, PP	N	TS, EEP		
P	DRN, DRV, SS, TA	O	DTF, DRV		* desparecieron del mercado
R	EEP, EP	P	PM, SS		
S	DRV, DRN	Q	DTF, DRV		
U	TS, TA	S	TS, TA		
		T	PP, TS		
		V	PP, PM		
	* desparecieron del mercado	W	SS, EEP		