

DISMINUCION DEL CONTENIDO DE TRIPOLIFOSFATO DE SODIO EN LOS DETERGENTES ANIONICOS DE USO MAS COMUN EN COSTA RICA

María del Pilar Ugalde*
Alexis Rodríguez Ulloa**

Se proponen formulaciones para los detergentes comerciales, en las que se disminuye el contenido de tripolifosfato de sodio y se presentan opciones de sustitución, basándose en los resultados de diferentes pruebas de dispersión y lavado y en el bajo contenido de dureza característico de las aguas de consumo público de Costa Rica.

INTRODUCCION

El tripolifosfato de sodio TPP continúa siendo el coadyuvante alcalino más eficiente que se utiliza en la formulación de los detergentes debido a que actúa como ablandador del agua, eliminando la dureza y permitiendo que el detergente actúe solo sobre la suciedad de la ropa. Además estabiliza y defloculiza la suciedad, evitando que las partículas de ella se redepositen en las fibras³. Entre los diversos tipos de suciedad existente, el TPP es eficaz en el caso de las arcillas⁴; se cree que el mecanismo se basa en el aumento de la carga negativa cuando los iones tripolifosfato son absorbidos por las partículas de arcilla.

El TPP se comenzó a usar en los países industrializados, cuyas aguas, en muchos casos, se caracterizan por altos contenidos de dureza. Sin embargo, y a pesar de las ventajas del TPP en los detergentes, su uso ha sido cuestionado y

restringido en muchos países debido a los problemas de contaminación ambiental que ha ocasionado la descarga, en ciertos ecosistemas acuáticos, de excesos de fosfatos, muchos de los cuales provienen de los detergentes. Duggan R.³ resume el estado general de la legislación en Europa y Norteamérica, respecto al uso de los fosfatos en los detergentes.

Se han evaluado y utilizado sustitutos del TPP, tales como el ácido nitrilo triacético (NTA), el ácido cítrico y las estructuras poliméricas carboxiladas, todos los que actúan como agentes secuestrantes, al igual que el TPP. También están los agentes precipitantes, como el carbonato de sodio, y los agentes de intercambio iónico como las zeolitas.

En Europa, los sistemas de coadyuvantes más comúnmente disponibles, según la tendencia de sustitución del TPP son³:

1. De un 30 a un 40 % de TPP en los países donde no existe legislación que limite su uso
2. Mezclas 1:1 de TPP y zeolitas
3. Mezcla de fosfatos, zeolitas y NTA
4. Combinación de zeolitas y NTA
5. Mezclas de TPP y polímeros.

En ámbito nacional, el contenido de TPP usado en los detergentes aniónicos es una copia del que se empleaba o se

* Departamento de Almacenes, Instituto Costarricense de Electricidad, 10032, San José.

** Centro de Investigación Ambiental-CICA y Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, 2060, San José.

emplea en los países industrializados. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que la dureza de nuestras aguas es mucho menor que la de aquellos países², caracterizándose por contenidos comprendidos entre 39 y 152 mgL⁻¹. Ya se han reportado efectos diversos de contaminación por detergentes y por ende de TPP en masas de agua como el río Tárcoles y el Golfo de Nicoya^{5,6}. Otro punto importante es que el TPP es uno de los ingredientes de mayor costo en la formulación de los detergentes y que en el proceso de fabricación se pueden formar mono y difosfatos debido a la hidrólisis del TPP, los que al combinarse con la dureza del agua y depositarse sobre los tejidos, originan problemas de incrustaciones.

Por otra parte, Goulden¹² halló que el nivel de TPP es crítico por debajo de una razón molar de TPP:CaCO₃ de 0,3:1 (Cuadro 1). Por encima de esta razón, el incremento de los otros ingredientes de la formulación de un detergente mejora su

acción en la misma medida en que lo hace un aumento de la cantidad de TPP.

En el presente trabajo se evaluó la posibilidad de disminuir el contenido de TPP en la formulación de detergentes, estimándose el beneficio económico que esto traería para el país, para lo cual se proponen tres posibles formulaciones de los detergentes en polvo de uso doméstico en ámbito nacional.

METODOLOGIA

Se tomaron como base los resultados obtenidos en pruebas de dispersión y de lavado con diferentes detergentes comerciales¹, la dureza promedio del agua de Costa Rica², información sobre los sustitutos del TPP que con más frecuencia se utilizan, así como estudios comparativos de los mismos.

Se sugieren tres posibles formulaciones para los detergentes en polvo de uso

CUADRO 1. Relación molar TPP/CaCO₃ para 65 L de agua empleada.

Región	Dureza/mg CaCO ₃ L ⁻¹		Relación Molar TPP/CaCO ₃ por masa (g) de detergente usada		
			200	125	50
Atlántica	Máx.	456	0,4:1	0,2:1	0,1:1
	Prom.	114	1,4:1	0,9:1	0,4:1
	Mín.	18	9,2:1	5,8:1	2,3:1
Central	Máx.	149	1,1:1	0,7:1	0,3:1
	Prom.	31	5,5:1	3,3:1	1,3:1
	Mín.	74	2,3:1	1,4:1	0,6:1
Occidente	Máx.	119	1,4:1	0,9:1	0,3:1
	Prom.	82	2,0:1	1,3:1	0,5:1
	Mín.	44	3,4:1	2,4:1	0,9:1
Pacífico Sur	Máx.	61	2,7:1	1,7:1	0,7:1
	Prom.	39	4,2:1	2,6:1	1,1:1
	Mín.	19	8,7:1	5,4:1	2,2:1
Pacífico Norte	Máx.	274	0,6:1	0,4:1	0,2:1
	Prom.	152	1,1:1	0,7:1	0,3:1
	Mín.	19	8,7:1	5,4:1	2,2:1

CUADRO 2. Costo de materias primas y auxiliares en la fabricación de detergentes en polvo.

Descripción	Costo por tonelada (\$)
Acido dodecilbenzeno sulfónico ramificado (ABS)	1250
Hidróxido de sodio al 50%	342
TPP	682
Sulfato de sodio	195
Silicato de sodio en piedra	145
Carbonato de sodio	270
Carboximetilcelulosa	1716
Blanqueador al 10%	212
Copolímero del ácido poliacrílico y anhídrido maleico	3500 (precio CIF)
Acido poliacrílico, 48% sólidos	1012 (precio CIF)
Sal del ácido nitrilotriacético	2000 (precio CIF)
Zoolitas	—
Tensoactivo no iónico	—

Observaciones: Esta información fue obtenida durante los meses de setiembre y octubre de 1988 y corresponde al costo de materias puesto en fábrica, o sea que incluye gastos de desalmacenaje, impuestos y transporte.

CUADRO 3. Formulaciones propuestas para evaluar la disminución en el costo de fabricación de los detergentes, al reducir el TPP y utilizar otros sustitutos.

Materias primas y auxiliares	Fórmula 1 %	Fórmula 2 %	Fórmula 3 %
Ingrediente activo	23	23	23
TPP	10	10	10
Silicato de sodio	10	10	10
Carbonato de sodio	9	9	10
Sulfato de sodio	37	35	32
Humedad	10	10	10
Otros	1	1	1
Carboximetilcelulosa	0,5	0	0
Acido poliacrílico	0	2	2
Sal de ácido nitrilotriacético	0	0	2

doméstico en ámbito nacional. Estas opciones podrían ser de beneficio económico y ambiental para el país, indicándose con claridad que las mismas deben ser probadas en cuanto a fabricación y en cuanto a su acción detergente antes de decidirse a su producción industrial.

Se estimó el costo de fabricación de cada formulación, tomando en cuenta:

1. Materia prima
2. Materias auxiliares
3. Mano de obra y cargas sociales
4. Carga fabril (energía eléctrica, combustible, lubricantes, mantenimiento).

Las formulaciones propuestas no presentan cambios sustanciales en el costo de la mano de obra, cargas sociales y fabriles, de forma tal que esta evaluación se fundamentó en el costo de la materia prima y materiales auxiliares.

En el Cuadro 2 aparecen los costos para los diferentes materiales, en el Cuadro 3 las fórmulas propuestas y en los Cuadros 4, 5 y 6 el estudio comparativo de la disminución en el costo de la fabricación por tonelada de las tres formulaciones en comparación con la formulación de un detergente comercial.

DISCUSION DE RESULTADOS

El contenido de TPP en las formulaciones de detergentes es una respuesta a la dureza de las aguas empleadas así como a la dureza aportada por la suciedad de la ropa. Se ha estimado que esta última equivale a 4 granos de dureza en el agua de lavado¹².

El Cuadro 1 presenta la relación molar de TPP a CaCO₃ para los valores máximo, medio y mínimo de dureza de las aguas de las regiones Central (66% de la población servida), Pacífico Sur (5%), Pacífico Norte (12%), Occidente y Atlánti-

CUADRO 4. Comparación del costo de fabricación entre un detergente en polvo comercial y el detergente propuesto 1.

Materias primas y auxiliares	Detergente comercial %	Costo por tonelada (\$)	Detergente propuesto 1 %	Costo por tonelada (\$)	Diferencia (\$)
Ingrediente activo	23	-	23	-	-
ABS	-	271,0	-	271,0	0,0
Hidróxido de sodio	-	18,1	-	18,1	0,0
TPP	17	115,9	10	68,2	47,7
Silicato de sodio	11	16,0	10	14,5	1,5
Carbonato de sodio	0	0,0	9	24,3	-24,3
Sulfato de sodio	37	72,2	37	72,2	0,0
Humedad	10	-	10	-	-
Otros	2	-	1	-	-
Carboximetilcelulosa	1	17,2	0,5	8,6	8,6
TOTAL	100	510,4	100	476,9	33,5

Observaciones: El ingrediente activo del detergente se compone de la sal de sodio del ácido obtenida por la reacción del ácido sulfónico y el hidróxido de sodio. La diferencia porcentual indicada como otros corresponde a ingredientes como perfume, blanqueador, carboximetil celulosa y blanqueadores ópticos, incluyéndose solo carboximetilcelulosa en la comparación de costos.

ca (11%), calculada para un volumen de agua de 65 L, equivalente al empleado en una lavadora grande y para 50, 125 y 200 g de detergente empleado. Debe destacarse que el uso de 50 g corresponde a 1/2 taza de detergente de densidad $0,4 \text{ g cm}^{-3}$. Existen muchos detergentes que poseen una densidad menor y algunos cuya densidad es superior. Es obvio que la densidad del detergente determina, en parte, la cantidad empleada cuando ésta se hace mediante medido de volúmenes.

Resulta claro que, aún para el mínimo de detergente considerado, la relación molar TPP:CaCO₃ es superior a 0,3:1 para la media de la dureza de la mayoría de los casos analizados. Por ejemplo, para la Región Central, en donde se asienta el 66% de la población a la que se suministran las aguas analizadas, esta razón es, en la

mayoría de los casos, superior a 0,3:1. Los datos anteriores indican que es posible reducir el contenido de TPP en las formulaciones de los detergentes de consumo local.

Una reducción en tal sentido, disminuiría la carga de nutrientes en los ríos receptores de las aguas de desecho, a la vez que bajaría el costo de la formulación.

Los aspectos más importantes que pueden destacarse en las tres fórmulas propuestas (Cuadro 3), son la disminución a un 10% en el contenido de TPP, el uso de carbonato de sodio en un 9 y 10% y de sustitutos del TPP como el NTA y el ácido poliacrílico.

Nagarajan y Paine⁷ reportan los niveles mínimos necesarios de coadyuvantes de los detergentes para lograr un adecuado control de la dureza del agua,

CUADRO 5. Comparación del costo de fabricación entre un detergente en polvo comercial y el detergente propuesto 2.

Materias primas y auxiliares	Detergente comercial		Detergente propuesto 2		Diferencia (\$)
	%	Costo por ton. (\$)	%	Costo por ton. (\$)	
Ingrediente activo	23	-	23	-	-
ABS	-	271,0	-	271,0	0,0
Hidróxido de sodio	-	18,1	-	18,1	0,0
TPP	17	115,9	10	68,2	47,7
Silicato de sodio	11	16,0	10	14,5	1,5
Carbonato de sodio	0	0,0	9	24,3	-24,3
Sulfato de sodio	37	72,2	35	68,0	4,0
Acido poliacrílico (*)	0	0,0	2	47,0	-47,0
Humedad	10	-	10	-	-
Otros	2	-	1	-	-
Carboximetilcelulosa	1	17,2	0	0	17,2
TOTAL	100	510,4	100	511,3	-0,9

Observaciones: (*) Para el costo de esta materia se tomó en cuenta que presenta un 48% de sólidos y se necesitan 0,3 - 0,35 kg de hidróxido de sodio por kg de sólidos para su neutralización³¹.

reduciéndose de 200 mgL⁻¹ como carbonato de calcio a 10 mgL⁻¹. Estos niveles aparecen en el Cuadro 7. Debe indicarse que los valores de este Cuadro se obtuvieron evaluando cada coadyuvante por separado, pero en los detergentes, por lo general, se utilizan combinaciones de los mismos, en cuyo caso esos niveles pueden disminuir. En el caso de carbonato de sodio, se indica un nivel de 18,5% en el detergente, por lo que usando otros coadyuvantes como el TPP, el NTA y el ácido poliacrílico, este nivel puede reducirse. Es por esta razón que se propone entre un 9 y 10 % en las tres formulaciones. Este aumento justifica una reducción en el contenido de TPP. Además, en diferentes pruebas de dispersión¹ se obtienen los mejores resultados con el detergente más

alcalino y con un contenido de ingrediente activo del 21%. En pruebas de lavado¹ se obtienen resultados semejantes, de una mayor blancura, con el detergente más alcalino y con el de mayor contenido de TPP, indicándose, sin embargo, que el primero presenta un ingrediente activo del 27% y el segundo del 21%. Es por esta última razón que en las formulaciones propuestas se decide dejar un 23% de ingrediente activo.

Se presenta una fórmula alternativa que contiene ácido poliacrílico, el que se ha demostrado que, además de mejorar la acción detergente primaria y secundaria, favorece el proceso de fabricación, sirviendo de auxiliar al disminuir la viscosidad de la pasta y mejorar la estructura del polvo. Además inhibe la hidrólisis del TPP^{9,10}. En

Cuadro 6. Comparación del costo de fabricación entre un detergente en polvo comercial y el detergente propuesto 3.

Materias primas y auxiliares	Detergente comercial		Detergente propuesto 3		Diferencia (\$)
	%	Costo por ton. (\$)	%	Costo por ton. (\$)	
Ingrediente activo	23	-	23	-	-
ABS	-	271,0	-	271,0	0,0
Hidróxido de sodio	-	18,1	-	18,1	0,0
TPP	17	115,9	10	68,2	47,7
Silicato de sodio	11	16,0	10	14,5	1,5
Carbonato de sodio	0	0,0	10	27,0	-27,0
Sulfato de sodio	37	72,2	32	62,4	9,8
Acido poliacrílico (*)	0	0,0	2	47,0	-47,0
Sal de ácido nitrilotriacético	0	0,0	2	40,0	-40,0
Humedad	10	-	10	-	-
Otros	2	-	1	-	-
Carboximetil celulosa	1	17,2	0	0	17,2
TOTAL	100	510,4	100	548,2	-37,8

Observaciones: (*) Para el costo de esta materia se tomó en cuenta que presenta un 48% de sólidos y se necesitan 0,3 - 0,35 kg de hidróxido de sodio por kg de sólidos para su neutralización ³¹.

la tercera formulación, se incluye el NTA, pues, de los diferentes sustitutos del TPP, éste es uno de los que ha presentado mejores ventajas^{8,11}.

Analizando los costos de fabricación de los detergentes propuestos, con la fórmula 1, Cuadro 4, se obtiene una disminución, con respecto al detergente comercial, de \$33,5 por tonelada. Si se considera que la producción mensual de detergentes en polvo de Costa Rica es de 1300 toneladas, esto representa un ahorro mensual de \$43 550 y anual de \$435 500, tomando como base 300 días laborales al año o sea 10 meses.

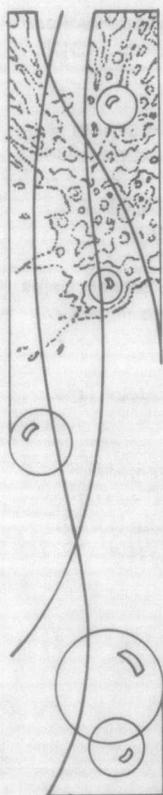
Para la fórmula 2, Cuadro 5, el costo de fabricación aumenta solo en \$0,90 por

tonelada, que es muy bajo y se podría compensar considerando la serie de ventajas que producen estos polímeros en el proceso de fabricación.

Con la fórmula 3, Cuadro 6, el costo de fabricación por tonelada aumenta \$37,8.

CONCLUSIONES

Se propone una fórmula, para un detergente en polvo, en la que se reduce el porcentaje de TPP, se aumenta la alcalinidad usando carbonato de sodio y el porcentaje de ingrediente activo permanece igual con respecto al detergente que se



Cuadro 7. Niveles de coadyuvantes para un adecuado control de la dureza del agua por los detergentes.

Coadyuvante	Concentración en disolución (g/100 mL)	Nivel en el detergente (% p/p)
- Secuestrante		
Acido nitrilotriacético	0,029	14,5
Acido poliacrílico		
M = 211000	0,037	18,5
M = 155000	0,037	18,5
M = 60000	0,036	18,0
M = 20000	0,045	22,5
M = 5260	0,043	21,5
M = 2030	0,061	30,5
EDTA	0,051	25,5
TPP	0,062	31,0
Citrato de sodio	0,071	35,5
- Precipitante		
Carbonato de sodio	0,037	18,5
- De intercambio iónico		
Zeolita tipo A	0,071	35,5

Fuente: Nagarajan y Paine⁷.

Nota: M = masa molar/g mol⁻¹

usa como comparación. Esta fórmula representa un ahorro mensual para el país de \$43 550 y se disminuye en aproximadamente un 50% la descarga de fosfatos a los ríos del país proveniente de los detergentes.

Se proponen dos fórmulas más en las que se reduce el porcentaje de TPP, se aumenta la alcalinidad y se utilizan agentes acomplejantes como los polímeros y el NTA.

La fórmula propuesta usando un polímero presenta ventajas en lo que se refiere al proceso de fabricación y efectos benéficos al ambiente.

Deben realizarse pruebas a nivel industrial y escala piloto, con los diferentes detergentes propuestos antes de decidirse a su fabricación.

No se puede eliminar completamente el TPP de las formulaciones propuestas y el contenido de carbonato de sodio se ajusta de forma tal que no exceda en alcalinidad al

más alcalino de los detergentes comerciales estudiados¹.

Sería conveniente promulgar una ley en la que se exija un máximo de 10% de TPP en los detergentes de nuestro país.

No solo debe tenerse en cuenta el aspecto ambiental, sino factores como forma de lavar, equipo utilizado, tipo de fibras textiles de mayor uso y economía de energía, para lograr seleccionar el detergente en polvo que se adapte mejor a las condiciones de Costa Rica.

LITERATURA CITADA

1. Ugalde, M. del P. y Rodríguez, A. *Caracterización de algunos detergentes domésticos de uso común en Costa Rica y evaluación de sus propiedades limpiadoras. Tecnología en Marcha.* Vol. 11, no 2. p.
2. Ugalde, M. del P. y Rodríguez, A. *Clasificación de las aguas de consumo público de*

- Costa Rica según su dureza total. Tecnología en Marcha.* Vol. 11, no 3.
3. Duggan, R. J. *The Economic Formulation of Detergents in the Context of the environment of 1980's.* HAPII, *Household Pers. Prod. Ind.* 1984, 21 (11). p.76-92.
 4. Ruano, V. *Fabricación de detergentes por torre.* Universidad de San Carlos, Guatemala. 1978. p. 22
 5. Garro, A. M. *Contenido y contaminación de detergentes aniónicos en aguas superficiales del Area Metropolitana (Río Tárcoles y sus tributarios).* Tesis Escuela de Química, Universidad de Costa Rica, San José. 1982
 6. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (Costa Rica). *Documento de Trabajo Integración de Conservación con el Desarrollo en el Proyecto de Riego Arenal -Tempisque.* Volumen II, Turrialba. 1985
 7. Nagarajan, M. K., Paine, H. L. *Water Hardness Control by Detergent Builders.* *JAACS*, 1984, 61, 9, p. 1475-1478
 8. BASF, *Publicación Especial Detergentes empleados en América Latina.* 1988
 9. BASF, *Información Técnica, Sokalán CO₂, CP, polvo TI/P 2899 S.* 1985
 10. Witiak, D. *Detergent additives.* Sanitary Sales Training Course, Rohm and Haas, Co., Research Division
 11. BASF. *Información Técnica, Marcas Trilon A.* TI/P 2511 S, 1983
 12. Goulden, P. D. *The Effect of Detergent Phosphate Levels on the Cleaning Process.* *Technical Bulletin No. 70.* Canada Centre for Inland Waters 1972