

UNIVERSIDAD DE SEVILLA
FACULTAD DE QUIMICA
DEPARTAMENTO DE QUIMICA TECNICA

515984059
i19793236

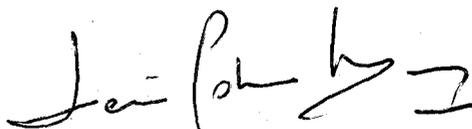
+1912

ESTUDIO DE ESTABILIDAD FRENTE AL AGUA DURA
Y DE EFICACIA DETERSIVA DE FORMULACIONES
DETERGENTES EN LAS QUE EL TRIPOLIFOSFATO
HA SIDO SUSTITUIDO TOTAL O PARCIALMENTE.

LEON COHEN MESONERO.

JUNIO 1.986

MEMORIA QUE PRESENTA D. LEON COHEN MESONERO, LICENCIADO
EN CIENCIAS QUIMICAS PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR EN
CIENCIAS QUIMICAS.



Sevilla, Junio 1.986

La presente tesis ha sido dirigida y apadrinada por -
D. VICENTE FLORES LUQUE, Catedrático de Fisicoquímica
de los Procesos Industriales de la Universidad de Se-
villa, y cumple los requisitos exigidos por la legis-
lación vigente.



Sevilla, Junio 1.986

Quiero expresar mi agradecimiento:

Al Profesor Dr. Vicente Flores Luqué, por su valiosa orientación y sus sugerencias.

A los Profesores de la Escuela Universitaria de Ingenería Técnica Industrial de Algeciras, Sres. M.P. Manuel Vez y F. Trujillo por las facilidades concedidas para la realización de gran parte del trabajo experimental y por su continuo apoyo moral.

A D. Antonio Moreno Soto de PETRESA por su colaboración y consejos prácticos en la realización del trabajo experimental de Eficacia Detersiva.

A Dña. Esther Cohen Mesonero de PETRESA por su inestimable colaboración en el trabajo de mecanografía y presentación de esta Memoria.

A RIO RODANO y a PERSAN S.A. por haber suministrado la mayoría de los productos utilizados.

Finalmente, a todos aquellos que de forma directa o indirecta han contribuido con su estímulo a la culminación del presente trabajo.

I N D I C E

	<u>Pag.</u>
Capítulo 1. INTRODUCCION	1/1
Capítulo 2. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO	
2.1. Formulaciones detergentes	2/1
2.1.1. Tipo de formulaciones detergentes	2/2
2.1.2. Factores que influyen en las formulaciones	2/2
2.2. Componentes, características y efectos .	
2.2.1. Sustancias tensioactivas	2/8
2.2.2. Coadyuvantes	2/13
2.2.3. Agentes de blanqueo	2/16
2.2.4. Componentes minoritarios de la formulación	2/19
2.3. STPP: propiedades, efectos, ventajas e inconvenientes	2/22
2.3.1. Propiedades y efectos	2/23
2.3.1.1. Poder secuestrante	2/23
2.3.1.2. Poder de solubilización.	2/31
2.3.1.3. Solubilidad	2/31
2.3.1.4. Poder de emulsificación y peptización	2/31
2.3.1.5. Poder de dispersión y antirredeposición.....	2/32
2.3.1.6. Sinergismo con los tensioactivos: poder detergente	2/34
2.3.1.7. Acción tampón	2/35
2.3.2. Inconvenientes	2/37
2.4. Sustitutos del TPP	2/39
2.4.1. El carbonato sódico	2/40
2.4.2. Las zeolitas	2/40
2.4.3. El NTA	2/43
2.4.4. Coadyuvantes orgánicos sin fósforo ni nitrógeno	2/44
2.4.5. Otros coadyuvantes	2/47

.../...

2.5. Calidad de aguas	2/48
2.6. Poder secuestrante, métodos de deter <u>minación</u>	2/56
2.6.1. Técnica turbidimétrica	2/56
2.6.2. Valoración con electrodo sele <u>ctivo</u> de iones calcio	2/58
2.6.3. Otros métodos	2/58
2.7. Poder detergente, generalidades y mé <u>todos</u> de determinación.....	2/59
2.7.1. Generalidades	2/59
2.7.2. Métodos de determinación	2/62

Capítulo 3. PARTE EXPERIMENTAL

3.1. Determinación de la estabilidad frente al agua dura	3/1
3.2. Poder detergente	3/3
3.2.1. Tejido y suciedad	3/3
3.2.2. Máquina lavadora, lavado y enjuagados	3/3
3.2.3. Medida de la reflectancia ...	3/4
3.2.4. Estudio estadístico de los re <u>sultados</u>	3/4
3.3. Características de los productos uti <u>lizados</u>	3/6
3.4. Formulaciones estudiadas	3/8

Capítulo 4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD FRENTE AL AGUA DURA

4.1. Selección de un tripolifosfato pen <u>tasódico</u>	4/1
4.2. Variación de la estabilidad media con la temperatura	4/2
4.2.1. Formulación sin coadyuvante .	4/2
4.2.2. Formulación con 30% de STPP	4/2
4.2.3. Citrato Sódico	4/2
4.2.4. Acido cítrico	4/2
4.2.5. Oxalato sódico	4/3
4.2.6. Acido oxálico	4/3
4.2.7. Acido málico	4/3
4.2.8. Acido tartárico	4/3
4.2.9. Sal sódica de AEDT	4/3
4.2.10 Acido nitrilotriacético	4/3

4.3. Variación de la estabilidad con la dureza del agua	4/6
4.3.1. Formulaci3n sin coadyuvante	4/6
4.3.2. Formulaci3n con 30% de STPP	4/6
4.3.3. Citrato s3dico	4/6
4.3.4. Acido cítrico	4/6
4.3.5. Oxalato s3dico	4/7
4.3.6. Acido oxálico	4/7
4.3.7. Acido málico	4/7
4.3.8. Acido tartárico	4/7
4.3.9. Sal s3dica de AEDT	4/7
4.3.10 Acido nitrilotriacético	4/7
4.4. Variaci3n de la estabilidad con la concen <u>traci3n</u>	4/10
4.4.1. Formulaci3n con 30% de STPP	4/10
4.4.2. Citrato s3dico	4/10
4.4.3. Restantes formulaciones	4/10
4.5. Variaci3n de la estabilidad con el conte <u>nido</u> en STPP	4/13
4.5.1. Citrato s3dico	4/13
4.5.2. Acido cítrico	4/13
4.5.3. Oxalato s3dico	4/13
4.5.4. Acido oxálico	4/14
4.5.5. Acido málico	4/14
4.5.6. Acido tartárico	4/14
4.5.7. Sal s3dico de AEDT	4/14
4.5.8. Acido nitrilotriacético	4/15
4.6. Estabilidad global	4/16

...//...

Capítulo 5. ESTUDIO SOBRE EFICACIA DETERSIVA

5.1. Resultados experimentales	5/1
5.2. Estudio estadístico de los resultados	5/1
5.2.1. Grupo 1	5/3
5.2.2. Grupo 2	5/4
5.2.3. Grupo 3	5/4
5.2.4. Grupo 4	5/4
5.3. Consideraciones	5/5
5.3.1. Mezclas STPP/Coadyuvante	5/5
5.3.2. Restantes coadyuvantes solos	5/6

Capítulo 6. DISCUSION DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

6.1. Estabilidad frente al agua dura ...	6/1
6.1.1. Formulación sin coadyuvante	6/1
6.1.2. Formulación F-2	6/7
6.1.3. Formulaciones F-3 a F-34 ...	6/9
6.2. Eficacia deterativa	6/14

Capítulo 7. CONCLUSIONES

7.1. Estabilidad frente al agua dura ...	7/1
7.2. Eficacia deterativa	7/2

Capítulo 8. BIBLIOGRAFIA

8/1

ANEXO : TABLAS DE DATOS EXPERIMENTALES

.....oOo.....

1. INTRODUCCION

1. INTRODUCCION

Los detergentes sólidos para lavadoras automáticas están constituidos por combinaciones de agentes tensioactivos, un coadyuvante y diversas sustancias auxiliares, destacando entre todos sus componentes, por su importancia, los activos y el coadyuvante.

Tanto desde el punto de vista histórico, como desde el punto de vista de su eficacia, el tripolifosfato sódico es el primero y el más importante de los coadyuvantes -- usados en los detergentes en polvo.

La tendencia actual a restringir el uso de tripolifosfato sódico en las formulaciones detergentes, está relacionada con el problema de la eutrofización en ríos, lagos y embalses. Aunque persiste la polémica a nivel mundial, - el hecho es que son ya varios los países que han elaborado leyes que reducen drásticamente el contenido de fosfato en detergentes (Estados Unidos, Alemania Federal, Suiza, Italia, Holanda y Canadá).

Las propiedades del tripolifosfato sódico, que a continuación se enumeran, podrían muy bien ser generalizadas para definir las de todo buen coadyuvante:

- Sinergismo: aumentan la eficacia de los tensioactivos. En determinadas pruebas de lavado (tejido/suciedad definidos), los fosfatos han demostrado tener mejor poder detergente que el propio tensioactivo solo.

...//...

- Poder secuestrante : forman complejos solubles con los iones calcio y magnesio. La formación de estos complejos conlleva un ablandamiento del agua durante los ciclos de lavado y aclarado, impidiendo la formación de depósitos sólidos tanto sobre la ropa como sobre los circuitos de calefacción de la lavadora.
- Poder dispersante : dispersan y ponen en suspensión la suciedad para evitar la redeposición de ésta sobre la ropa.
- Actúan como agente tampón a fin de mantener la alcalinidad óptima (pH 9-10) durante todo el ciclo de lavado, favoreciendo la degradación química de la suciedad y particularmente la saponificación de las grasas naturales.
- Finalmente, no son tóxicos para los seres humanos, animales y plantas, y no son perjudiciales para los componentes de la lavadora ni para los textiles.

Entre los sustitutos, tanto reales como potenciales, se pueden citar, entre otros, las zeolitas y diversos ácidos policarboxílicos o sus sales sódicas.

El núcleo del presente trabajo experimental es el estudio de la estabilidad frente al agua dura de una formulación detergente estándar, en la que el tripolifosfato sódico es sustituido total o parcialmente por distintos ácidos policarboxílicos o sus sales sódicas.

Debido al conocido efecto negativo que la temperatura tiene sobre el poder secuestrante de la mayoría de los "builders" (6), (4), y con objeto de realizar una aproximación a las condiciones reales de lavado, el estudio de estabilidad frente al agua dura se ha desarrollado entre 20°C y 70°C.

...//..

Como complemento al estudio de estabilidad, se ha valorado la eficacia detergente de las formulaciones así preparadas frente al tejido patrón de algodón, en condiciones de lavado estándar: 60°C y 300 ppm de CaCO₃.

Los coadyuvantes estudiados son:

- Citrato sódico y ácido cítrico.
- Oxalato sódico y ácido oxálico.
- Acido málico.
- Acido tartárico.
- Etilendiaminotetraacetato sódico.
- Acido nitrilotriacético.

....oOo....

2. ESTUDIO BIBLIOGRAFICO

- 2.1. FORMULACIONES DETERGENTES.
- 2.2. COMPONENTES: características y efectos.
- 2.3. TPP: propiedades, efectos, ventajas e inconvenientes.
- 2.4. SUSTITUTOS DEL TPP.
- 2.5. CALIDAD DE AGUAS.
- 2.6. PODER SECUESTRANTE: métodos de determinación.
- 2.7. PODER DETERGENTE: generalidades y métodos de determinación.

.....oOo.....

2.1. FORMULACIONES DETERGENTES

Los detergentes elaborados industrialmente, empleados hoy día con fines domésticos, están constituidos por combinaciones de agentes tensioactivos, formadores de complejos, agentes de blanqueo, blanqueadores ópticos y diversas sustancias auxiliares que, por su interacción recíproca, contribuyen al éxito del lavado.

El solo empleo del jabón que ya era conocido de los Sumerios, Babilonios y Romanos, y que hasta finales del siglo pasado se usaba casi exclusivamente, no elimina satisfactoriamente la suciedad de la ropa. Ha sido en este siglo, cuando se han descubierto sustancias que poseen mejores cualidades desde el punto de vista de la técnica del lavado, haciendo posible la formulación de los modernos detergentes .

El proceso de lavado para eliminar la suciedad de la ropa se realiza en medio acuoso, ya que este modo de proceder ha resultado ser el más económico y sencillo; solo en casos difíciles o para limpiar textiles particularmente sensibles, es más ventajosa la llamada limpieza química con el empleo de disolventes orgánicos.

...//....

2.1.1. Tipos de formulaciones comerciales

Los detergentes comerciales pueden clasificarse en dos grupos:

- Detergentes en polvo.
- Detergentes líquidos.

A su vez, cada uno de estos grupos, puede subdividirse en diferentes subgrupos.

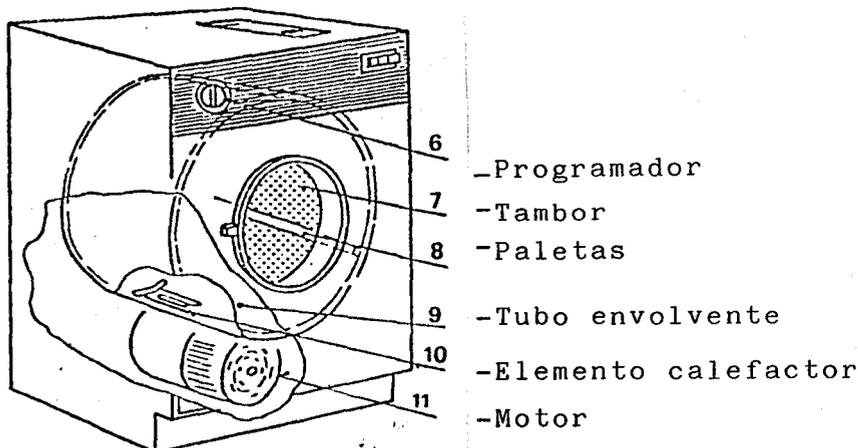
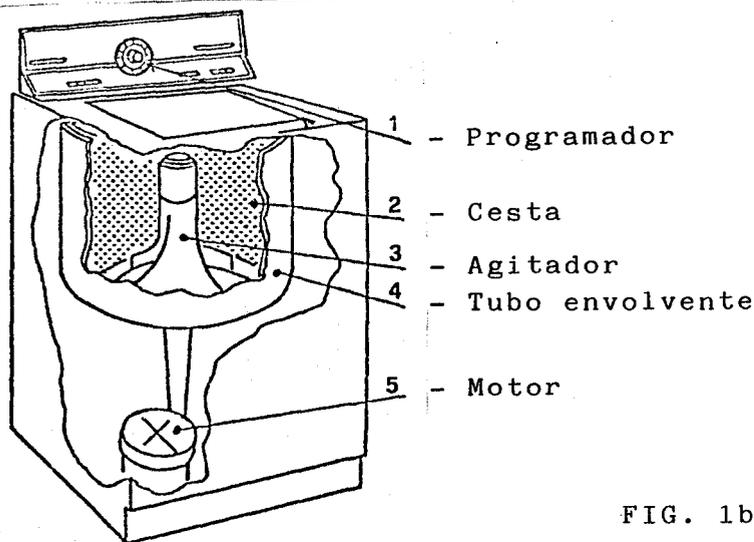
Dentro de los detergentes en polvo (heavy duty powder) cabe distinguir:

- Detergentes de alta espuma.
- Detergentes de espuma controlada.

Los detergentes de espuma controlada, comúnmente usados en Europa en máquinas automáticas de lavar, reciben dicha denominación por el efecto de producir poca es puma, motivado por la presencia en la formulación de componentes "antiespumantes" o poco espumantes que hacen posible que la espuma no desborde las máquinas de lavar.

La formación de espuma no plantea ningún problema en las máquinas utilizadas en U.S.A. o Japón debido al propio diseño de las máquinas automáticas, diferente al Europeo. Las diferencias de diseño residen básicamente en el cierre, que en USA está en la parte superior de la máquina y que en Europa es frontal; y en el mecanismo de agitación, siendo un agitador de palas convencional en USA frente al clásico tambor de las máquinas europeas (ver Fig.1). El sistema de agitación americano produce menos espuma que el europeo.

...//...

FIG. 1a. Máquina EuropeaFIG. 1b. Máquina USA.

Los detergentes de alta espuma se utilizan en Europa para el lavado de prendas a mano y su consumo es bajo.

Los detergentes líquidos se presentan bajo la forma de solución acuosa. Su destino más frecuente es el lavado a mano de vajillas y reciben el nombre genérico de -- L.D.L (Light Duty Liquids).

En U.S.A, existe otro gran subgrupo de formulaciones líquidas destinado al lavado de prendas en máquinas automáticas que reciben el nombre de H.D.L.(Heavy Duty Liquids) y que son sustitutos potenciales de las formulaciones sólidas. Los H.D.L. con 45% de materia activa, constituida básicamente por LAS, no iónico y jabón, se distinguen de los L.D.L. por su contenido superior en activos (30% para los más concentrados) y distinta composición.

.....//.....

En las tablas I y II , se detallan las composiciones más usuales para los distintos tipos de formulaciones en polvo y líquidas.

TABLA I

COMPOSICION DE DETERGENTES EN POLVO

Grupos de sustancias	Ejemplos	Proporción (%)
Sustancias tensioactivas	Sulfonato de alquilbenceno, etoxilatos de alcoholes grasos, jabón	10....15
Coadyuvantes	STPP	25....40
Agentes de blanqueo	Perborato sódico-tetrahidrato	20....30
Estabilizadores del perborato	Silicato de magnesio, etilendiaminotetraacetato	0,2
Anti-redepositantes	Carboximetilcelulosa	1.....2
Reguladores de espuma	Jabones de cadena larga, por ej. jabones de sebo con behenato, ésteres de ácidos alquilfosforicos de cadena larga	0,3..0,1
Inhibidores de corrosión	Silicato sódico	5
Blanqueadores ópticos	Derivados del estilbena y de la pirazolina	0,1
Enzimas	Proteasas	0,1...1
Aceites perfumados	Perfume sintético o natural	0,2
Ingredientes de carga	Sulfato sódico	5.....30

...//....

TABLA II

COMPOSICION DE DETERGENTES LIQUIDOS (L.D.L.)

TIPO I - EUROPA

28 - 35 % - LAS*
7 - 15 % - AES**
2 - 4 % - AMIDA
2 - 6 % - HIDROTROPO

TIPO II - EUROPA

13 - 15 % - LAS*
8 - 10 % - AES**
2 - 4 % - AMIDA

* Sulfonato sódico de alquilbenceno lineal.

** Alcohol etersulfato.

2.1.2. Factores que influyen en las formulaciones

Referente a las formulaciones sólidas o en polvo que constituyen en Europa la mayor parte de la producción y por consiguiente del consumo, se describen a continuación los factores que afectan de forma más directa a la formulación de un detergente y, por tanto, determinan su composición.

2.1.2.1. Tipo de agua de lavado

Al ser agua no tratada la que se usa para lavar, la mayor o menor dureza (Ca^{2+} y Mg^{2+}) de ésta forzará la presencia de agentes secuestrantes en la formulación en proporciones variables.

2.1.2.2. Tipo de suciedad

Aunque la cantidad y el tipo de suciedad varía ampliamente de un país a otro, ésta puede ser dividida en los cinco tipos que a continuación se enumeran:

- Soluble en agua (azúcar, sales, etc....)
- Aceitosa (grasas animales)
- En forma de partículas sólidas (polvo)
- Proteínica (leche, sangre....)
- Blanqueables (zumos de fruta, té, café)

2.1.2.3. Tipo de textiles

La composición de los textiles ejerce así mismo una influencia decisiva en los resultados del proceso de lavado.

.....//.....

Por otra parte, dependiendo de la composición de éstos últimos, se utilizarán en las formulaciones diferentes tipos de tensioactivos más o menos adecuados para cada tipo de fibra.

Los textiles que se usan hoy día están principalmente compuestos de algodón y/o fibras sintéticas. El algodón se puede encontrar en su forma natural o con un acabado especial.

En cuanto a las fibras sintéticas, están constituidas básicamente por poliéster.

El nylon (poliamida) y el poliacrilonitrilo tienen usos mucho menores.

Hay que mencionar algunos aspectos de las fibras, relacionados con el proceso detergente:

- Temperatura de lavado.
- Tipo de fibra.

Los textiles formados por fibras sintéticas limitan la temperatura de lavado por debajo de 60°C.

La mayoría de las manchas es eliminada más fácilmente de la superficie plana de las fibras sintéticas que de la superficie irregular del algodón.

REFS. 1,2,3.

...//...

2.2. Componentes, características y efectos

2.2.1. Sustancias tensioactivas

La constitución química de los agentes tensioactivos comprende:

- Un grupo hidrófilo.
- Un grupo hidrófobo.

En disolución acuosa, la parte hidrófila de la molécula se orienta hacia el interior de la solución, mientras que la parte hidrófoba o hidrófuga lo hace hacia la superficie. Las moléculas de tensioactivos así orientadas se acumulan en la interfase agua/aire con lo que reducen la tensión superficial del agua.

Entre las características de los tensioactivos destacan:

- Su capacidad de adsorción en las interfaces.
- Su capacidad de formar micelas una vez rebasada una determinada concentración denominada concentración crítica (C.M.C.).

Estas dos características tienen efectos de primordial importancia durante el proceso de lavado:

a)- Poder humectante.

La capacidad de adsorberse en las interfaces con las consiguientes reducciones de la tensión superficial del agua (interficie agua/aire) y de la tensión interfacial agua/sólido facilita el mojado de las prendas.

...//...

b)- Poder de solubilización

Por definición (4) la solubilización en un sistema acuoso es la disolución espontánea de una sustancia, normalmente insoluble, por una disolución relativamente diluida de tensioactivo.

El poder de solubilización está estrechamente relacionado con la presencia de micelas.

Esta propiedad adquiere una importancia notable cuando la eliminación de la suciedad (aceite/grasa) tiene lugar por solubilización.

c)- Entre otros de los efectos de las sustancias tensioactivas, hay que citar (4):

- El aumento de los potenciales negativos zeta de la suciedad y la ropa, convirtiendo la superficie sucia hidrófoba en hidrófila.
- La capacidad de suspender la grasa en gotitas para evitar la redeposición de ésta sobre la ropa.

Los detergentes integrales modernos contienen como mezcla más corriente de activos:

ANIONICO
NO IONICO
JABON

En las tablas IIIA y IIIB, se da una clasificación de aniónicos y no iónicos:

...//...

TABLA-III A-CLASIFICACION DE LOS TENSIOACTIVOSA) ANIONICOS

Tipo	Ejemplo
<u>Sulfonato</u> $-\text{SO}_3^-$	Alquilbenceno Sulfonato de Sodio (LAS) Alquilsulfonato de Sodio (SAS) Alfa Olefinas Sulfonato de Sodio (AOS)
<u>Sulfato</u> $-\text{O}-\text{SO}_3^-$	Alcoholes Sulfatados (AS) Alcoholes Etoxi Sulfatados (AES) Nonilfenol Etoxi Sulfatado Monoglicérido Sulfato Sódico.
<u>Fosfato</u> $\begin{array}{c} \text{O}- \\ / \\ \text{O} - \text{P} \\ \backslash \\ \text{O} \quad \text{O}- \end{array}$	Alcoholes Fosfatados Alcoholes Etoxi Fosfatados.
<u>Sulfosuccinatos</u> $\begin{array}{c} \text{O} \\ \\ \text{O}-\text{C}-\text{CH}_2-\text{CH} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{SO}_3 \end{array} \quad \begin{array}{c} / \\ \text{CO}_2 \end{array}$	Alcoholes Etoxi Sulfosuccinatos
<u>Otros</u>	Sulfoacetatos Derivados de aminoácidos Sulfosuccinatos

TABLA-III B-B) NO IONICOS

Tipo	Ejemplo
Alcoholes grasos etoxilados	Con alcoholes de 12 a 18 átomos de carbono. El número de moles de óxi do de etileno puede variar de 2 a 50.
Alquilfenoles etoxilados	Nonilfenol etoxilado Octilfenol etoxilado
Acidos grasos etoxilados	Acido oléico
Condensados de óxidos de etileno y propileno	Con alcoholes grasos
Amidas grasas etoxiladas	Lauril-dietanolamida etoxilada
Aminas grasas etoxiladas	Lauril-amina etoxilada
Esteres de ácidos grasos	Monoestearato de etilenglicol
Etanolamidas	Laurilmonoetanolamida

La presencia en las formulaciones de estos tres activos produce una serie de ventajas que se derivan de su combinación, en efecto:

*Los aniónicos, generalmente LAS, tienen la propiedad de eliminar muy bien la suciedad sólida (partículas).

- Son los más adecuados para el lavado de fibras naturales.
- Son efectivos a altas temperaturas.
- Son fácilmente atomizables en el proceso de elaboración del polvo detergente.

Su inconveniente más notable es su alta sensibilidad al agua dura y, por tanto, en las formulaciones han de ir acompañados de coadyuvante (STPP).

*Los no iónicos, generalmente alcoholes etoxilados, son poco espumantes y menos sensibles al agua dura que los aniónicos.

- Tienen la propiedad de eliminar muy bien la suciedad aceitosa en fibras sintéticas por solubilización.
- Poseen una baja CMC y en combinación con los aniónicos reducen la CMC de éstos (5).

Son poco efectivos a altas temperaturas y tienen poco poder de suspensión de la suciedad en el baño de lavado.

Finalmente, su atomización es singularmente difícil.

*El jabón, generalmente sales sódicas o potásicas de ácidos grasos, se emplea meramente como controlador de espuma.

...//...

2.2.2. Coadyuvantes

Los coadyuvantes o "builders", son en importancia , el segundo componente de una formulación sólida.

Se caracterizan por potenciar la acción detergente de los activos, siendo determinante su presencia en la formulación, particularmente en regiones o países con aguas duras o muy duras.

En la casi totalidad de la bibliografía sobre el tema, aparece una gran concordancia de criterios en lo referente a las principales propiedades y funciones que un coadyuvante cumple durante el proceso de lavado.

Estos criterios pueden resumirse en la siguiente forma:

a) - Alta capacidad de secuestro para los iones Ca^{2+} y Mg^{2+}

- Impiden la precipitación de las sales cálcicas y/o magnésicas sobre las prendas y sobre los elementos de las máquinas.

- Evitan la interferencia de los iones Ca^{2+} en el proceso detergente.

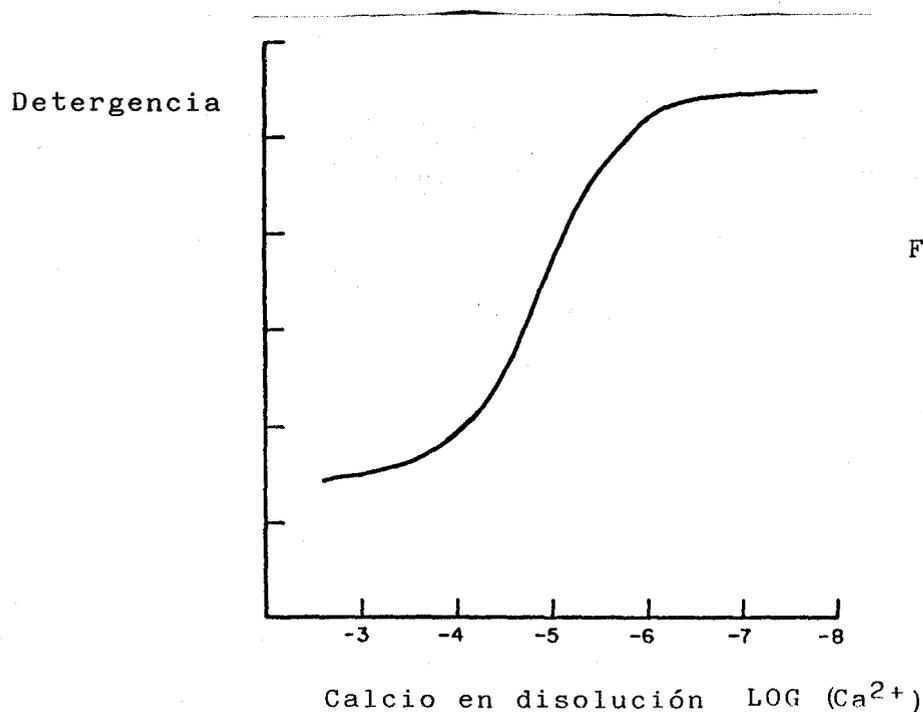


FIG. 2 (REF. 4)

- Impiden la precipitación de materia activa y por tanto evitan la disminución de ingrediente activo útil para lavar.

b) - Poder detergente

La mayor parte de los cuerpos sólidos, cuando es tán inmersos en agua, adquieren una carga eléctrica negativa por adsorción de los iones OH^- del agua. Tanto la suciedad como el sustrato adquieren igualmente una carga del mismo signo, por lo cual, se repelen.

Se observa ya, por tanto, por la sola presencia del agua, un cierto poder detergente.

Aumentando el pH de la disolución, o sea, la concentración de iones OH^- , por adición de sustancias alcalinas, la adsorción de éstos sobre las superficies de sustrato y suciedad se incrementa y con ello, la fuerza de repulsión entre ambos; sin embargo; no es todavía suficiente la repulsión entre ambos para conseguir un lavado satisfactorio.

La misión del coadyuvante, generalmente un polielectrolito, es la de adsorberse preferentemente sobre superficies polares (óxidos metálicos y fibras celulósicas) con el consiguiente aumento de la fuerza de repulsión suciedad/sustrato y, por tanto, del poder detergente (6).

...//...

- c) - Capacidad para dispersar y mantener la suciedad en suspensión, impidiendo la redeposición de ésta sobre el tejido y evitando el agrisamiento de la ropa (7, 8)

Este efecto tiene lugar a través de los siguientes mecanismos:

- a)- Estabilización de la suciedad sólida.
- b)- Emulsificación de las partículas de suciedad.
- c)- Solubilización de sustancias normalmente insolubles en agua.
- d)- Peptización de aglomerados sólidos.
- e)- Neutralización de la suciedad ácida.

- d) - Acción tampón

El coadyuvante, gracias a la elevada valencia de su anión, actúa como sistema tampón, manteniendo el pH en una zona de alcalinidad óptima para los efectos detersivos del baño de lavado.

Finalmente, entre otras propiedades de un buen coadyuvante, cabe citar:

- Buena solubilidad en agua.
- Compatibilidad con los demás ingredientes de la formulación.
- Estabilidad durante el almacenamiento.
- Baja o nula toxicidad.

...//..

2.2.3. Agentes de blanqueo

La eliminación de las manchas de color, por ejemplo, de frutas, verduras, café o té, se consigue por descomposición oxidativa de las moléculas de colorante.

Con este fin, muchos de los detergentes de oferta en el mercado europeo, llevan agentes de blanqueo incorporados en su formulación.

Las funciones específicas de los agentes de blanqueo integrados en una formulación detergente, pueden ser resumidas como sigue:

- Blanqueo.
- Acción oxidativa sobre las manchas a través de un efecto de sinergismo con los ingredientes activos.
- Desinfección.

Las principales características del agente de blanqueo "ideal" serían (4):

- Alta reactividad.
- Estabilidad durante el almacenamiento.
- Compatibilidad con otros ingredientes.
- No ejercer ningún tipo de acción perjudicial para las prendas.

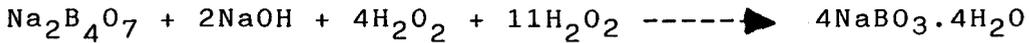
Entre los agentes de blanqueo de uso más frecuente destacan:

- El hipoclorito sódico y
- El perborato sódico.

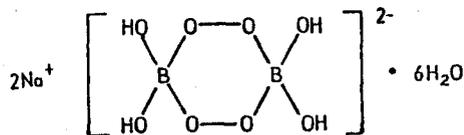
...//...

De entre los compuestos oxigenados, el perborato sódico es, quizás, el de mayor uso.

El tetrahidrato de perborato sódico se obtiene a partir del borax:



cuya fórmula estructural es:



El tetrahidrato empleado comúnmente tiene un contenido de oxígeno activo del 10%.

El perborato es de fácil manejo y estable durante el almacenamiento.

Sin embargo, por debajo de unos 70°C pierde su efectividad como agente de blanqueo.

Es descompuesto catalíticamente durante el proceso de lavado por los metales pesados del agua (Fe, Cu y Co), lo que puede originar el deterioro incontrolado de las fibras. Para paliar este problema, se incorpora a las formulaciones estabilizadores del perborato como pueden ser pequeñas cantidades de silicato magnésico o de AEDT.

...//...

En Estados Unidos, se blanquea con cloro activo, mediante el empleo de hipoclorito sódico en una operación posterior y separada del propio proceso de lavado.

El hipoclorito sódico es poco estable tanto a altas temperaturas como durante un almacenamiento prolongado.

Deteriora ciertas fibras naturales como la seda y la lana.

Finalmente, produce coloración amarilla sobre las prendas que retienen cloro.

...//...

2.2.4 Componentes minoritarios de las formulaciones

Entre éstos hay que destacar:

- a)- Los agentes antirredeposición o inhibidores del agrⁱsamiento.
 - b)- Los inhibidores de la corrosión.
 - c)- Los blanqueadores ópticos.
 - d)- Las enzimas
- a)- Agentes antirredeposición

Para que las partículas de suciedad desprendidas de la ropa no vuelvan a fijarse en la misma, provocando con ello un indeseable agrisamiento de aquélla, se añaden a todos los detergentes pequeñas cantidades de inhibidores específicos del agrisamiento cuya misión es mejorar el efecto conseguido con los activos y los builders.

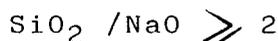
Para las fibras de algodón y celulosa, se han obtenido excelentes resultados con carboximetilcelulosa.

La sal sódica de la carboximetilcelulosa se prepara haciendo reaccionar celulosa con monocloraacético en presencia de un compuesto alcalino.

Existen discrepancias entre los diversos autores sobre el complejo mecanismo de actuación de la carboxiⁱmetilcelulosa como agente antirredeposición.

b)- Inhibidores de la corrosión

Para proteger los elementos de la lavadora que están en contacto con el baño de lavado, se adicionan pequeñas cantidades de agentes inhibidores de la corrosión, como pueden ser los silicatos sódicos, generalmente, con una relación:



...//...

c)- Blanqueadores ópticos

Los llamados blanqueadores ópticos se emplean en el proceso de lavado para compensar la disminución del grado de blancura de las prendas sometidas a continuos lavados.

Son compuestos orgánicos que crean un efecto de blancura por fluorescencia.

Estos compuestos tienen la propiedad de absorber radiación ultravioleta por debajo de 410 nm y de emitir luz azul visible entre 420 y 500 nm.

La mayoría de estas sustancias se caracterizan además por :

- Ser la molécula plana o casi plana.
- Presencia de un sistema de dobles enlaces conjugados, ej. derivados del estilbeno.
- Presencia de grupos sulfónicos.

d)- Enzimas

La eliminación de manchas proteínicas, como las de sangre, leche, cacao, etc...., se facilita mediante la incorporación de enzimas proteolíticas, estables hasta unos 60°C.

Estas proteasas descomponen las proteínas insolubles en agua, en fracciones moleculares más cortas que si son hidrosolubles.

e)- Sulfato sódico

El sulfato sódico, que se usa como agente de relleno, cumple dos funciones en el proceso de lavado:

- Mejora el poder detergente global de los tensioactivos iónicos (entre otros efectos, disminuye la CMC de los aniónicos).

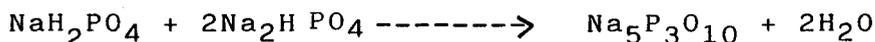
- Aumenta la fuerza iónica del baño, ayudando a la eliminación de la suciedad grasa ácida.

REFS. 1,4

...//...

2.3. STPP: Propiedades, efectos, ventajas e inconvenientes

El tripolifosfato pentasódico se obtiene en la actualidad por calcinación de una mezcla de ortofosfato mono y disódicos según:



Se conocen dos formas o fases de tripolifosfatos isómeros, que difieren básicamente en su velocidad de hidratación y en sus calores de hidratación instantáneos. La fase I, de hidratación rápida, y la fase II, de hidratación lenta. Se llama fase I a la que se obtiene por encima del punto de transición (417°C) y fase II a la obtenida por calcinación de ortofosfato a bajas temperaturas (350-400°C).

Las dos fases dan un único hidrato : $\text{Na}_5\text{P}_3\text{O}_{10}6\text{H}_2\text{O}$.

El STPP comercial es una mezcla de las dos fases I y II. Existen más de 30 grados de STPP según el balance entre las fases y el tipo de granulometría.

El STPP pertenece a la familia de los polifosfatos, cuya estructura comprende n tetraedros unidos por átomos de oxígeno.

Según la clasificación de Van Wazer y la nomenclatura propuesta para nombrar los fosfatos, el STPP tiene las siguientes características:

$\text{Na}_2\text{O}/\text{P}_2\text{O}_5$ molar : 1.67

Longitud de cadena : 3

Composición aproximada (% P_2O_5 aprox.) : 57.9

.....//.....

2.3.1. Propiedades y efectos

2.3.1.1. Poder secuestrante

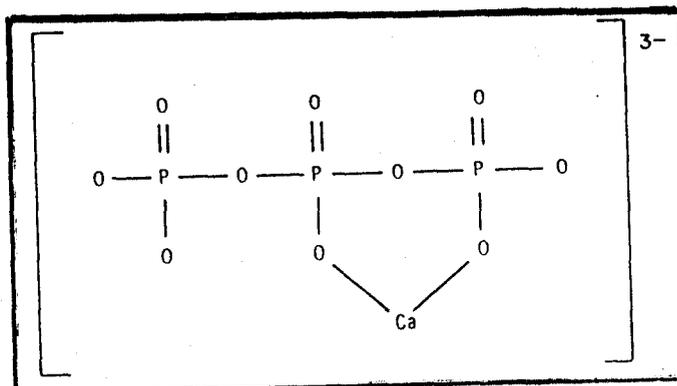
a)- Dependencia de la concentración

Los tripolifosfatos en disolución dan precipitados con muchos iones metálicos divalentes, trivalentes, etc..., pero estos precipitados, frecuentemente, son solubles en exceso de tripolifosfato, lo que sugiere (y así ha sido confirmado) que se forman complejos.

Con los iones metálicos Ca^{2+} y Mg^{2+} , el STPP tiene el siguiente comportamiento:

- Para una relación de concentraciones molares $\text{CALCIO/STPP} > 1$, tiene lugar el secuestro del calcio por formación de sales insolubles del tipo $\text{Ca}_5(\text{P}_3\text{O}_{10})_2$. La limitación a estos valores > 1 , viene impuesta por el producto de solubilidad de la sal.

- Para $\text{CALCIO/STPP} < 1$, el calcio es secuestrado en forma de complejo hidrosoluble, generalmente del tipo 1:1, para el que cabe admitir la siguiente estructura:



En la FIG. 3 queda expresado, de otra manera, todo lo anteriormente expuesto, para las distintas relaciones CALCIO/STPP.

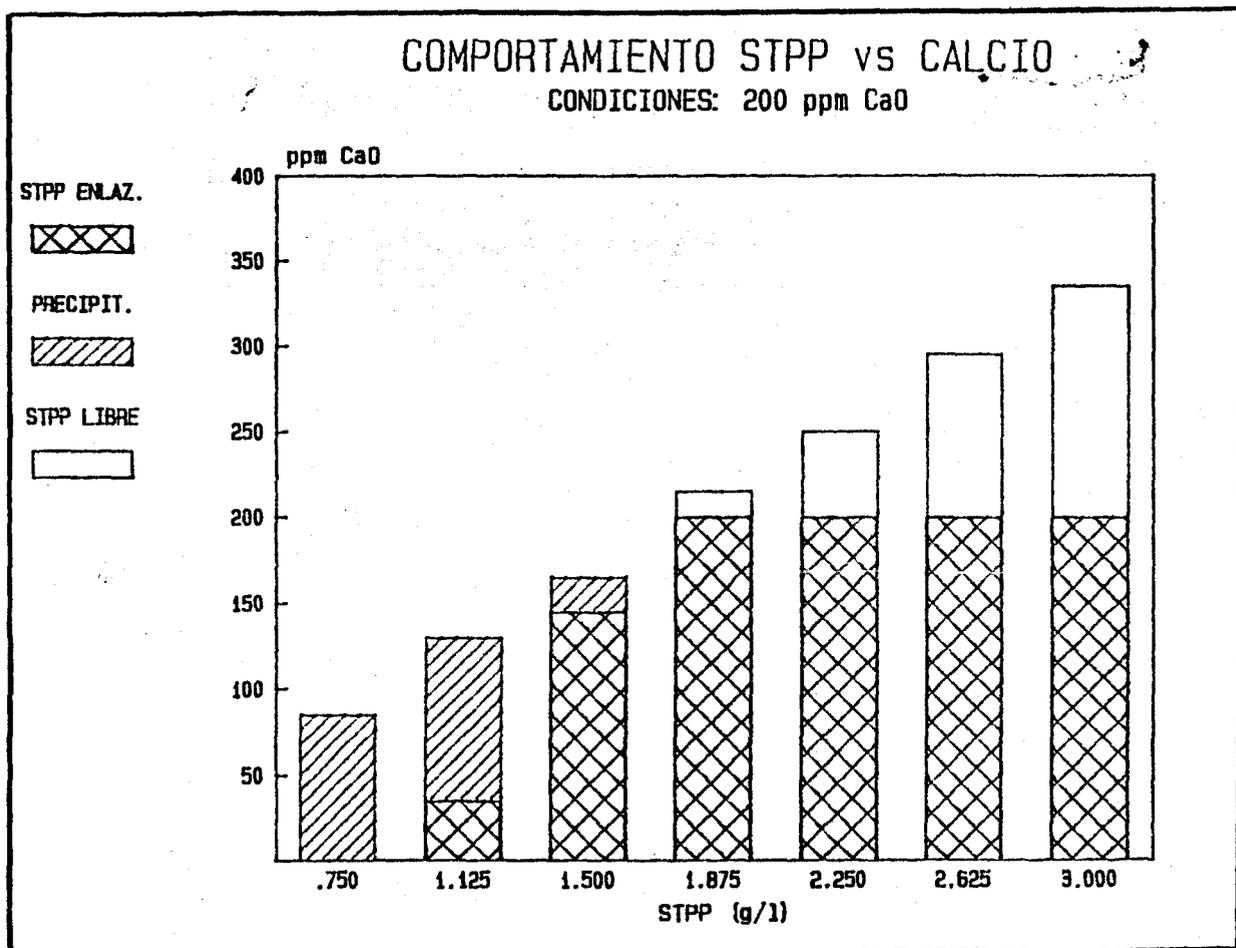
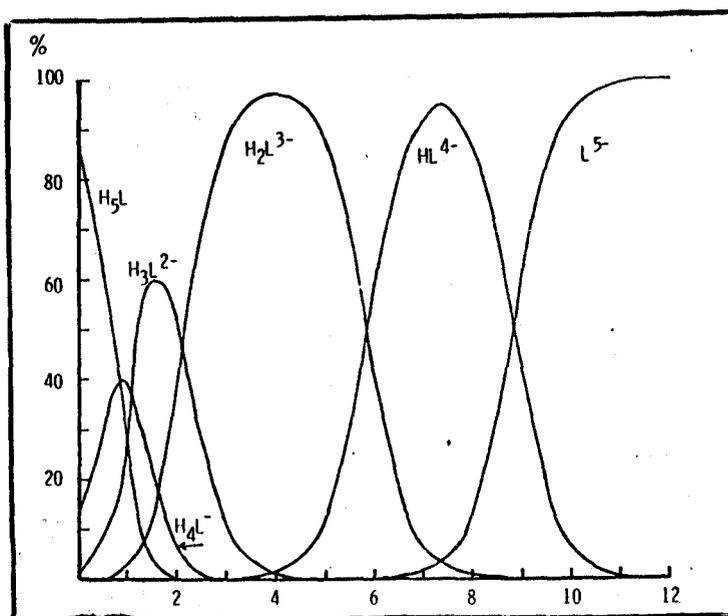


FIG. 3

REF. 10

b)- Dependencia del pH.

El poder secuestrante depende estrechamente de la concentración de iones H^+ , en cuanto que existe competencia entre los cationes M^{n+} y aquéllos, para ligarse con la parte aniónica del agente quelatante. Según se indica en la FIG.4, el secuestro más eficaz tiene lugar con un ligando totalmente ionizado (especie L^{5-}). Se deduce por tanto que el STPP alcanza su máxima capacidad de secuestro a $pH > 9$.

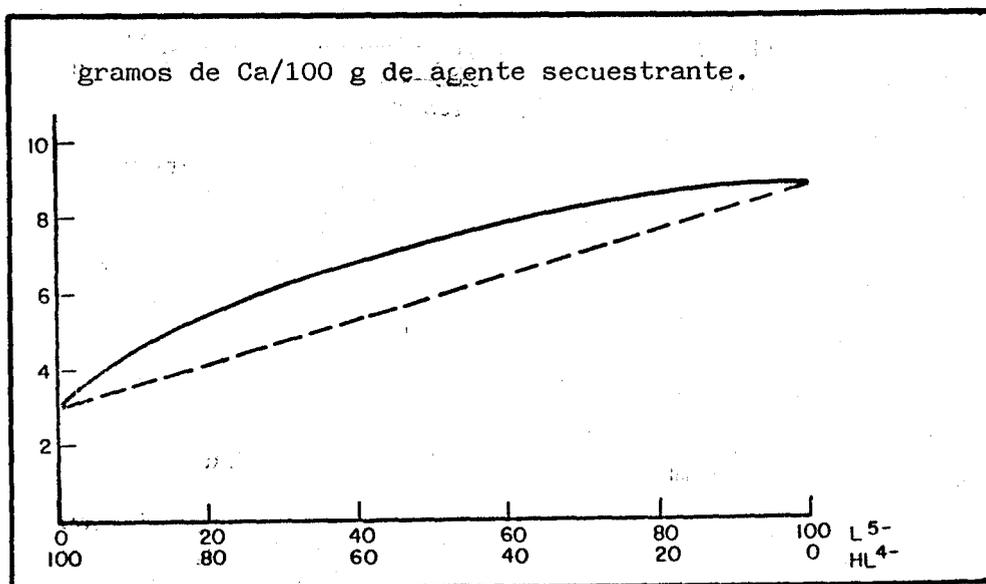


Distribución de especies iónicas en una solución de ácido tripolifosfórico en función del pH.

FIG. 4

REF. 4

La FIG. 5 , obtenida experimentalmente, indica la relación existente entre calcio secuestrado y porcentaje de especies iónicas para el STPP. En este gráfico, la línea de trazos representa la relación teórica obtenida suponiendo la formación de complejos 1:1. La línea continua representa la relación experimental.



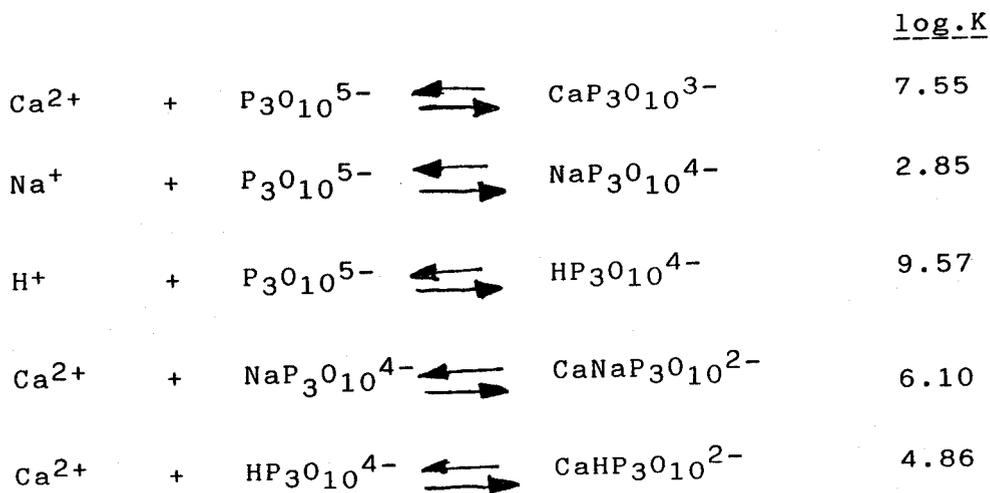
Secuestro de calcio por STPP, en función de las especies iónicas.

FIG. 5

REF. 4

c)- Dependencia de la fuerza iónica.

Cuando el STPP está en exceso respecto al calcio, el sistema $\text{Ca}^{2+}/\text{Na}^{+}/\text{H}^{+}/\text{P}_3\text{O}_{10}^{5-}$, queda descrito (11) por:



Condiciones: $\mu = 0$ / $t = 60^\circ\text{C}$

La variación del logaritmo de la constante de estabilidad en función de la fuerza iónica, y por tanto, la variación de la afinidad del STPP por el calcio, es la representada en la FIG. 6 .

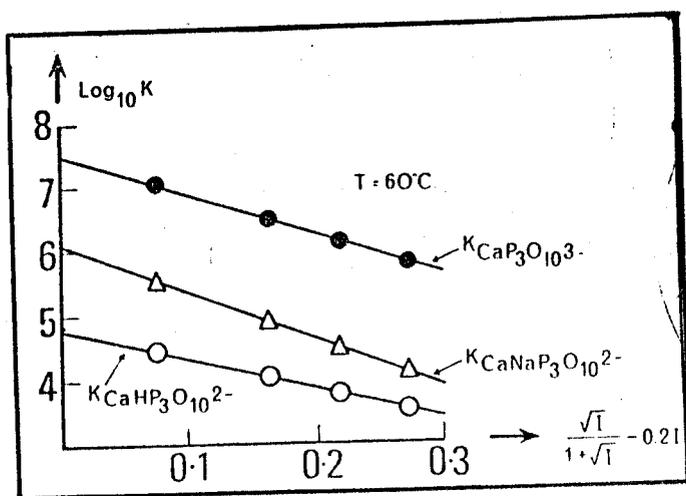


FIG. 6

REF. 11

Por lo tanto, se deduce de lo expuesto que para el STPP, su interacción con los iones Na^+ , que conduce a la formación del complejo $\text{CaNaP}_3\text{O}_{10}^{2-}$, y, la reducción de su capacidad de secuestro al aumentar la fuerza iónica, imponen un límite evidente a su potencial capacidad de disminuir la concentración de calcio libre.

Teniendo en cuenta que en los baños de lavado, la concentración de sodio suele ser 20 veces mayor que la de calcio, es importante no despreciar la influencia que tiene la formación del complejo $\text{CaNaP}_3\text{O}_{10}^{2-}$ sobre la capacidad de secuestro de calcio. (12)

d)- Conclusiones

Debido a la variedad de métodos usados para medir la capacidad de secuestro del STPP; son dispares los datos recogidos en la bibliografía, algunos de los cuales se indican a continuación:

Capacidad de secuestro $\frac{\text{mgCaCO}_3}{\text{g. de STPP}}$					Referencia
Temperatura:	20°C	25°C	50°C	90°C	
---	369	284	---	---	(13)
265	---	---	---	---	(15)
341	---	---	---	---	(16)
269	---	---	---	---	(17)
282	---	---	202	---	(14)

De todo lo expuesto se deduce que la capacidad de secuestro depende de:

- pH.
- Temperatura.
- Fuerza iónica.
- Concentración de coadyuvante.

Tanto las constantes de formación del complejo, para los metales alcalinotérreos como para los metales pesados, se sitúan en torno a $pK_d = 6$ en el caso del STPP (1,50)

Este hecho es de suma importancia para la posibilidad de utilización de una sustancia como coadyuvante; en efecto:

- Un pK más alto significaría la formación de complejos más estables para ciertos iones metálicos, ocasionando la corrosión de determinados elementos de máquinas lavadoras.

- Un pK más alto deterioraría las prendas de color, especialmente en las fibras naturales y en las constituidas por complejos organometálicos.

- Un pK más alto ocasionaría la formación de complejos estables de metales pesados, e.g. Hg y Cd; contribuyendo a su transporte a los sistemas de alcantarillado y al enriquecimiento en metales pesados de las aguas superficiales.

- Finalmente, existe el peligro, con los formadores de complejos muy activos, de la removilización de los metales pesados por extracción de éstos de los sedimentos fluviales y lacustres, con lo que se haría peligrar la obtención de aguas potables por filtración en las márgenes de ríos y lagos.

...//...

En el proceso de lavado, el desarrollo de la propiedad descrita, tiene un efecto primordial cual es: la movilización de los iones Ca^{++} y Mg^{++} , en forma de complejos solubles para impedir la formación de incrustaciones tanto sobre la ropa, como sobre los elementos de las máquinas lavadoras.

...//...

2.3.1.2. Poder de solubilización

La aptitud del STPP para disolver sales normalmente insolubles, pasándolas al estado de complejos solubles, es puesta en evidencia durante el proceso de lavado al redisolver los depósitos de sales alcalinotérricas formadas con anterioridad a la adición del STPP sobre las prendas a lavar (9).

2.3.1.3. Solubilidad

La solubilidad en agua es de aproximadamente un 15% a 20°C (9).

2.3.1.4. Poderes de emulsificación y peptización

Los fosfatos tienen la propiedad de emulsificar materiales aceitosos y son también capaces de deflocular y poner en suspensión materias insolubles como la arcilla. En relación con esta propiedad de la defloculación está la de descomponer emulsiones de partículas grandes en pequeñas, fenómeno conocido como la PEPTIZACIÓN.

REF. 4

Defloculación de Oxido Férrico por STPP en presencia de Sulfonato Sódico de Alquibenceno.		
Tipo de Electrolito	% Eficacia Suspensión	
	2 hr	24 hr
Ninguno	52,2	13,3
Dispersante orgánico	100	49,0
Fosfato trisódico	41,1	20,0
STPP ====	94,5 ====	70,0 ====
Nitriлотriacetato sódico	63,4	13,3
Sulfato sódico	44,5	22,0
Silicato sódico	86,5	34,4
Borato sódico	25,6	4,5
Carbonato sódico	20,0	3,3

2.3.1.5. Poder de dispersión y antirredeposición

El STPP tiene la importante propiedad de dispersar y poner en suspensión la suciedad para evitar la redeposición de ésta sobre la ropa.

La propiedad citada es una de las más importantes que posee un coadyuvante, relacionada con el fenómeno detergente (18).

Desde un punto de vista teórico (19, 20), el mecanismo de la redeposición de la suciedad sobre la fibra, de la cual habría sido previamente desprendida por la acción del detergente, ha sido extensamente descrito de acuerdo con los principios de la ciencia de los coloides, por DERJAGUIN-LANDAU y VERWEY-OVERBEEK.

De hecho, además de la suciedad, que es en sí misma de tamaño coloidal, las fibras que no tienen ese tamaño también pueden ser consideradas como coloides liofóbicos. Esto es así, por tener las fibras irregularidades y centros activos, que pueden ser considerados de tamaño coloidal; es más, la superficie de contacto fibra/suciedad tiene también tamaño coloidal.

El papel de los cationes polivalentes es debilitar las barreras formadas por fibra y suciedad, respectivamente (21).

Por ello, se han estudiado las propiedades antirredespositantes del STPP en presencia de iones calcio, en función de los siguientes parámetros: tipo de fibra, tipo de suciedad, pH y temperatura (18).

...//...

2.3.1.6. Sinergismo con los tensioactivos: Poder detergente

Al ser el STPP un polielectrolito, en solución acuosa forma un anión de carga múltiple que se adsorbe sobre las superficies de las fibras y de la suciedad, aumentando notablemente la fuerza de repulsión suciedad-sustrato por formación de cargas de igual signo y facilitando por tanto el desprendimiento de la suciedad (1)

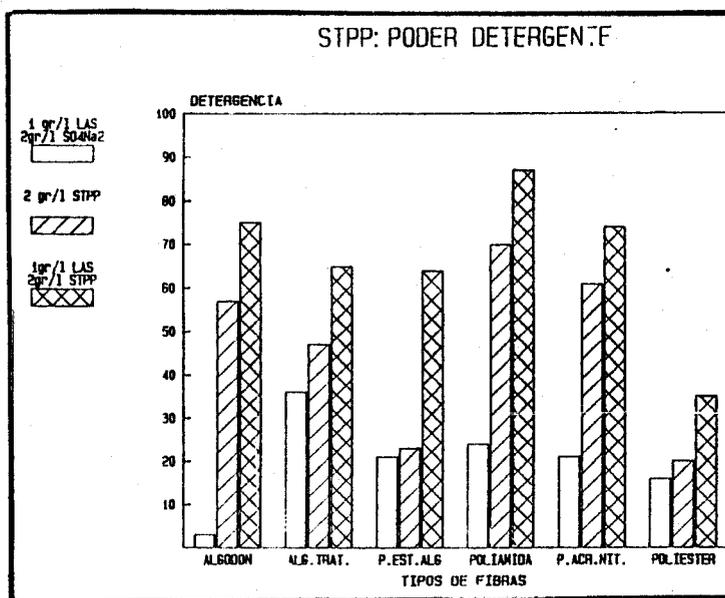


FIG.7

REF. 6

La FIG. 7 anterior (6) ilustra el comportamiento del STPP y de las mezclas LAS/STPP frente a diferentes tipos de fibra en agua destilada, siendo manifiesto el sinergismo entre ambos productos.

Para apoyar lo expuesto y a pesar de las múltiples referencias bibliográficas (4,6,13,22) que estudian el poder detergente del STPP, se realizó un ensayo de detergencia en las siguientes condiciones experimentales y con los resultados que siguen:

...//...

Máquina lavadora : TERG-O-TOMETER
 Tejido : EMPA-101.

TEMPERATURA : 30°C
 DUREZA : 0 ppm
 CONCENTRACION : 0,15%

Δ (Reflectancia)

Formulación	F-1:	LAS-Na	12%	17.35
"	"	F-2:	LAS-Na	12%
			STPP	25%
				36.26

2.3.1.7. Acción tampón

Esta propiedad es importante, en cuanto que asegura unas condiciones de lavado a pH constante. Constituye una ventaja porque evita la corrosión de las partes metálicas y establece las condiciones idóneas para la saponificación de las grasas.

pH de una disolución acuosa de STPP al 1%
 y 20°C : 9,5

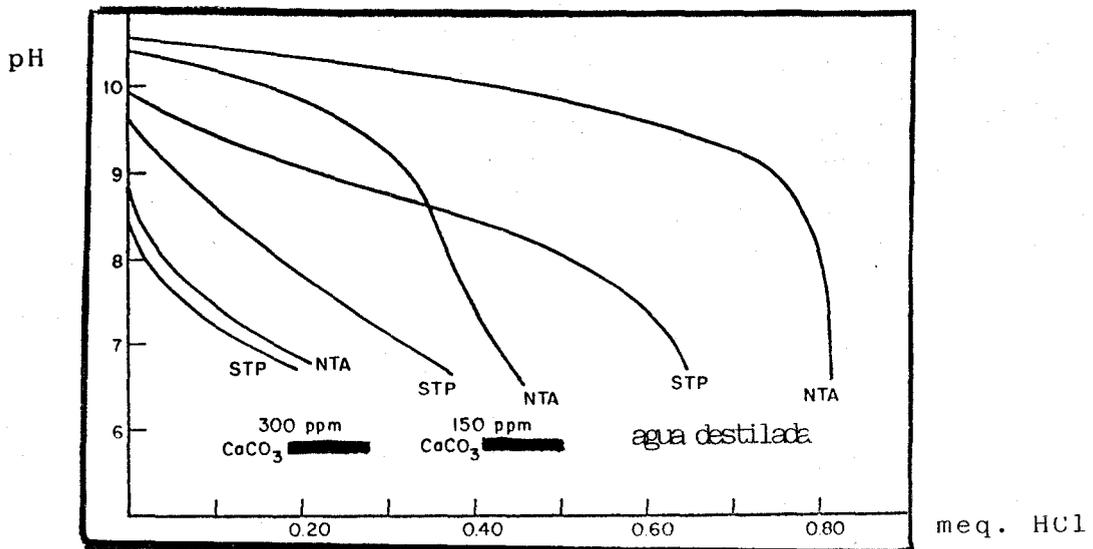


FIG. 8

REF. 4

Poder tampón de disoluciones de NTA y STPP a 0,075% en función de la dureza del agua.

Finalmente, el STPP es compatible con otros componentes de la formulación, cumple la función de sustancia soporte, haciendo posible la elaboración de productos de fácil manejo, no pulvulentos y que no se apelmazan formando grumos durante el almacenamiento y transporte. Es no tóxico para los seres humanos, animales y plantas y no perjudicial para los componentes de la lavadora, ni para los textiles.

REFS. 23, 24, 25, 26.

...//...

2.3.2. Inconvenientes

Los problemas relacionados con el uso de los fosfatos en los detergentes no se refieren a recursos limitados de materias primas, ni a la existencia de productos alternativos más adecuados y se trata simplemente de las posibles consecuencias para el medio ambiente de la descarga de fosfatos después de su uso con fines domésticos.

El binomio fosfatos/eutroficación, ha producido en los últimos años un sinnúmero de artículos técnicos, algunos de los cuales se citan en la bibliografía consultada (27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35).

Bajo ciertas condiciones, el fósforo y otros nutrientes como el nitrógeno, fertilizan las aguas, dando lugar a un desarrollo exhuberante de la microflora y en especial, de las algas.

Este efecto fertilizante se conoce comúnmente como EUTROFICACION (del griego eu = bueno, trof(o) = alimentos), generalmente, con una connotación popular de superfertilización que puede dar lugar a un efecto secundario de contaminación importante.

La acción del hombre con la descarga de múltiples residuos a las aguas superficiales ha redundado en una extraordinaria aceleración del proceso de eutroficación.

Los efectos de esta acción humana han desplazado el equilibrio biológico, traduciéndose en resultados inmediatamente visibles y desagradables para el entorno, como: las floraciones de algas, la muerte de los peces y la producción de olores desagradables.

....//....

Los fosfatos vertidos a las aguas pueden dividirse en tres partes tanto por su cantidad como por su origen, que según la bibliografía consultada oscila :

30-50% de la agricultura y defecaciones animales.

25-30% de efluentes humanos.

25-30% de los detergentes.

Independientemente de las discrepancias existentes entre los distintos autores consultados, el criterio más generalizado indica que una sustitución total o parcial de los fosfatos en los detergentes supondría una disminución entre un 10 y 15% del contenido final de fósforo que va a pasar a las aguas.

Parece ser que las algas requieren tan pequeña cantidad de fósforo (0,5 kg por cada 100 kg de algas secas) y las aportaciones de éste son tan variadas, que es prácticamente imposible reducir el contenido de fósforo a niveles tan pequeños como para limitar el desarrollo de aquéllas.

Según otros autores, como Rast y Lee (33), la sustitución de los fosfatos como coadyuvantes en los detergentes, ha redundado al cabo de algunos años en una limitación drástica de la eutroficación de las aguas en algunos lagos. Sin embargo, la controversia continúa.

2.4. Sustitutos del STPP

Un sustituto aceptable del STPP ha de poseer una combinación de propiedades básicas como las que a continuación se enumeran:

- Contribuir en la formulación a aumentar el poder detergente de los activos, en magnitud comparable al STPP.

Esta propiedad incluye todas las características (capacidad de secuestro, antirredeposición, etc...) que ayudan a mejorar el poder detergente de los activos.

- Ha de ser estable, degradable e inofensivo para el entorno.

Es decir: no debe formar complejos solubles con los metales pesados; no debe aumentar la DBO de las -- aguas superficiales ni su estado de eutroficación; ni él ni sus intermediatos de degradación deben presentar peligro para el entorno.

- No ha de ser tóxico para animales y plantas.
- Ha de ser compatible con los demás ingredientes de la formulación y con los distintos tipos de ropa.
- No debe ser perjudicial para los elementos metálicos de las lavadoras.

Esta combinación de propiedades es extremadamente difícil de satisfacer por completo y pocos han sido los compuestos seleccionados como sustitutos potenciales del STPP.

...//...

2.4.1. El carbonato sódico (98)

En Estados Unidos y Canadá, ha sido en la década de los 70 el coadyuvante más importante después del STPP.

El carbonato sódico actúa como agente precipitante del calcio y magnesio de las aguas duras.

Tiene serias limitaciones como coadyuvante.

- El precipitado (CaCO_3) tiende a depositarse sobre la ropa y sobre los elementos de las máquinas.
- Su poder detergente es bastante inferior al del STPP, sobre todo, para fibras sintéticas.
- Su alta alcalinidad provoca irritación cutánea y toxicidad si es ingerido.
- El atomizado en seco es casi imposible, resultando unos polvos detergentes con muy poca homogeneidad.

2.4.2. Las Zeolitas (10,36,37,38,39,40,41,42,43,44,45,46,47,48,49,50)

Las zeolitas son alumino-silicatos sódicos especialmente seleccionados. Los alumino-silicatos se fabrican por un proceso relativamente sencillo que consiste en hacer -- reaccionar aluminato sódico, silicatos sódicos y sosa cáustica en proporciones diferentes y a temperaturas distintas.

Los dos tipos de mayor interés por su capacidad de intercambio iónico son:

- Zeolita Tipo A : $\text{Na}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2:\text{H}_2\text{O} = 1:1:2:4$.
- Zeolita Tipo X : $\text{Na}_2\text{O}:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{SiO}_2:\text{H}_2\text{O} = 1:1:2,5:6$.

..//..

Las propiedades de intercambio iónico de las zeolitas dependen de dos factores, como son:

- La composición molar.
- El diámetro del poro.

La zeolita Tipo A tiene un diámetro de poro entre 2 y 4 Å, el Tipo X varía entre 2 a 7,5 Å.

Debido a su insolubilidad en agua, se han de tomar medidas para asegurar que se mantengan en suspensión y evitar su deposición sobre los tejidos. Esto se consigue con un tamaño de partículas pequeño : 1 a 10 μ m.

Entre sus inconvenientes cabe citar:

- Su baja eficacia en el secuestro de los iones Mg^{2+} .

Debido a este pobre efecto, las zeolitas se usan normalmente en combinación con un agente secuestrante poderoso como el STPP.

- No tienen poder de dispersión.
- No ejercen acción tampón.
- No se adsorben sobre la superficie de la suciedad.

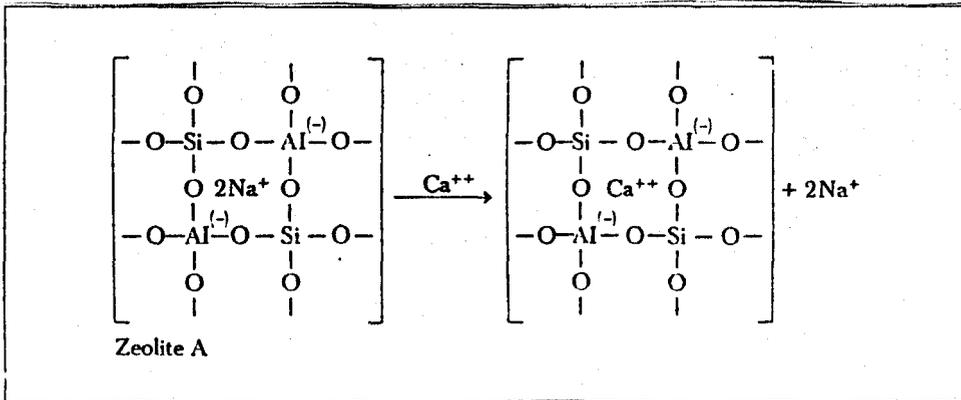
Entre sus ventajas específicas, hay que resaltar:

- Adsorben sustancias coloreadas que, en algún caso, pueden provocar una coloración no deseada de la ropa.
- Tienen un efecto importante como inhibidores del -- agrisamiento de la ropa.
- Fijan sales poco solubles, que en otro caso, se depositarían sobre la ropa.

Su posible incidencia sobre el entorno y sus efectos ecológicos, fundamentalmente por cuanto afecta al proceso de eutroficación de las aguas superficiales, están en estudio (51, 52).
.....//.....

Contrariamente al STPP, la capacidad de secuestro aumenta con la temperatura, alcanzando el máximo para 90°C.

Actúan como agentes secuestrantes del calcio por intercambio iónico, según se indica en el esquema:



Su capacidad de secuestro del calcio es similar e incluso más alta que la del STPP (15,50).

2.4.3. Acido nitriloacético (NTA) (4,16,18,50,53)

En términos de eficacia detergente, la sal sódica del ácido nitriloacético ($N(CH_2-COONa)_3 \cdot H_2O$), es el mejor sustituto del STPP.

Entre sus propiedades, hay que mencionar:

- Posee un poder secuestrante para los iones calcio y magnesio mayor que el del STPP ($pKCa = 6,6$ frente a 6 para el STPP).

De hecho, su poder secuestrante es de 1,5 veces el del STPP para el mismo peso de producto.

- Posee menor poder detergente que las formulaciones con STPP.
- Es un buen agente antirredeposición.
- Posee mejor poder tampón que el STPP para el mismo peso de producto.
- Actúa como estabilizador del perborato.
- No se hidroliza en el baño de lavado.

Según algunos autores (50,53), el NTA presenta sinergismo en mezclas con el STPP y mejora la solubilización de tensioactivos aniónicos como el LAS.

Entre sus inconvenientes, destacan:

- Es higroscópico. Se han de usar embalajes anti-humedad en las formulaciones con alto contenido de NTA.
- Tiene un alto poder complejante para los metales pesados, resultando su acción perjudicial en las prendas de color y su vertido posterior en las aguas superficiales es peligroso.

...//...

- Según un estudio del Dr. Epstein, realizado en Estados Unidos, el NTA resultó ser un agente cancerígeno en potencia (54).

Fue prohibido su uso en Estados Unidos en 1970.

Actualmente, se sigue usando en Canadá y en algunos países escandinavos. La controversia sobre la peligrosidad de su uso continúa.

2.4.4. Coadyuvantes orgánicos sin fósforo ni nitrógeno .

En la investigación sobre nuevos coadyuvantes para formulaciones detergentes, se ha sintetizado y estudiado una gama amplia de compuestos orgánicos de bajo peso molecular con propiedades complejantes para los iones calcio y magnesio.

Son especialmente interesantes, desde un punto de vista ecológico, aquellos compuestos que no contienen ni fósforo ni nitrógeno.

En la tabla IV , se da una lista de estos compuestos con su pKCa, valor éste que indica el poder complejante para el calcio.

En la FIG. 9, se refleja la relación entre poder detergente y pKCa para estos compuestos, tomando como referencia en la comparación, una formulación con 30% de STPP.

Las concentraciones de los coadyuvantes estudiados figuran en equivalentes molares al STPP (50).

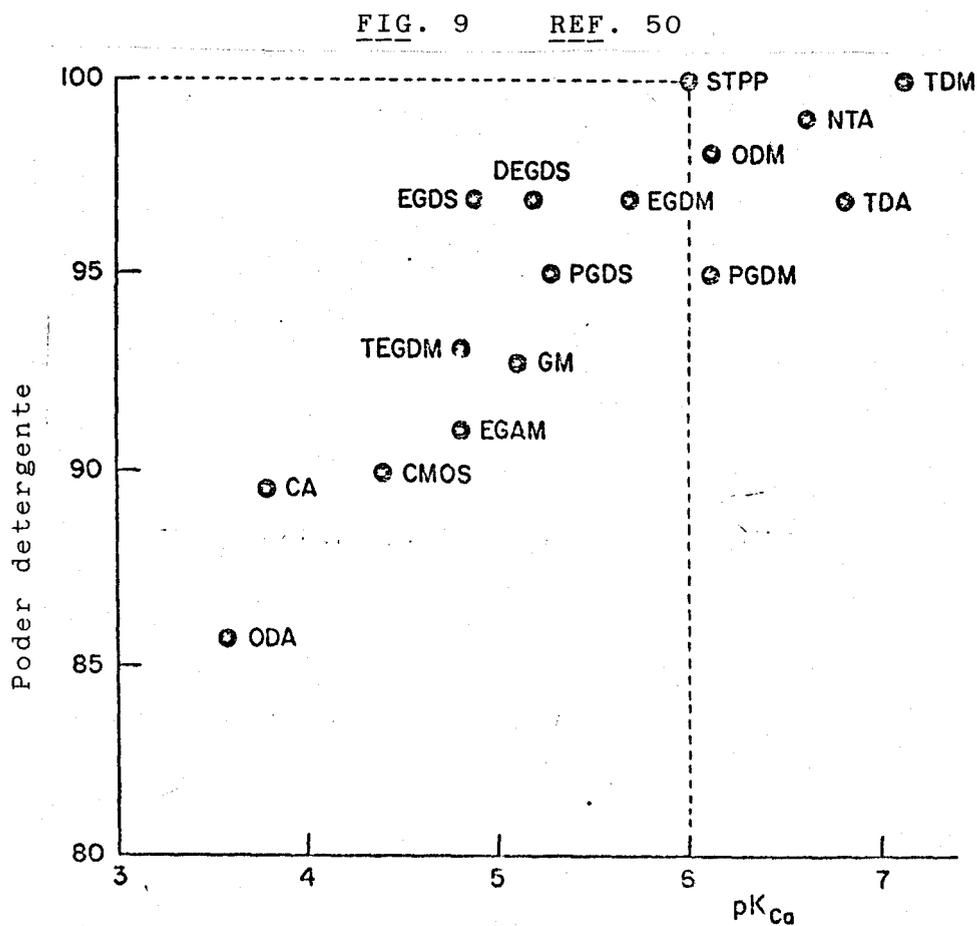
...//...

TABLA IV

REF. 50

Abbreviation	Compound	pK Ca *
CMOS	2-oxa-1,3,4-butanetricarboxylic acid	4.4
CH ₃ -CMOS	3-oxa-1,2,4-pentanetricarboxylic acid	4.4
CA	2-hydroxy-1,2,3-propanetricarboxylic acid (citric acid)	3.8
DEGDM	2,5,8-trioxa-1,1,9,9-nonanetetracarboxylic acid	5.4
DEGDS	3,6,9-trioxa-1,2,10,11-undecanetetracarboxylic acid	5.2
EGAM	2,5-dioxa-1,1,6-hexanetricarboxylic acid	4.8
EGDA	2,5-dioxa-1,6,-hexanedicarboxylic acid	3.6
EDGM	2,5-dioxa-1,1,6,6-hexanetetracarboxylic acid	5.7
EGDS	3,6-dioxa-1,2,7,8-octanetetracarboxylic acid	4.9
GM	2-oxa-1,1,3-propanetricarboxylic acid	5.1
ODA	2-oxa-1,3-propanedicarboxylic acid (oxydiacetic acid)	3.6
ODM	2-oxa-1,1,2,3-propanetetracarboxylic acid (oxydimalonic acid)	6.1
ODS	3-oxa-1,2,4,5-pentanetetracarboxylic acid (oxydisuccinic acid)	5.8
PGDM	3-methyl-2,5-dioxa-1,1,6,6-hexanetetracarboxylic acid	6.1
PGDS	4-methyl-3,6-dioxa-1,2,7,8-octanetetracarboxylic acid	5.3
TDA	2,5-dioxa-1,3,4,6-hexanetetracarboxylic acid	6.8
TDM	2,5-dioxa-1,1,3,4,6,6-hexanehexacarboxylic acid	7.1
TEGDM	2,5,8,11-tetraoxa-1,1,12,12-dodecanetetracarboxylic acid	4.8
TMOA	1-hydroxy-3-oxa-1,2,4 -butanetricarboxylic acid	5.0

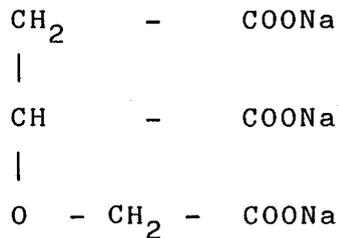
* measured at pH = 10, 25°C, ionic strength 0.02.



De entre los más importantes, el CMOS y el ácido cítrico, se da a continuación una descripción de sus características.

a) CMOS (50,56,58)

CMOS es el nombre comercial del carboximetil-succinato.



Según algunos autores consultados (56,58), posee un poder detergente similar al STPP.

Sin embargo, las razones de su bajo desarrollo a nivel industrial parece residir en un coste excesivo.

b) Acido cítrico y citrato sódico (13,50,55,57)

La principal característica de este coadyuvante es la de ser totalmente biodegradable y no tóxico.

Entre sus propiedades destacan:

- Su poder antirredeposición.
- Su compatibilidad con los demás ingredientes de la formulación.
- No ejerce incidencia negativa sobre el crecimiento de las algas.

Entre sus inconvenientes, citar:

- Su bajo poder de secuestro ($pK_{Ca} = 4,4$) y la disminución significativa del mismo con la temperatura.

2.5. Calidad de aguas

Entre los efectos adversos de los iones Calcio y Magnsio, presentes en las aguas duras, destacan (87, 90):

- a)- Precipitación de sales minerales insolubles sobre las prendas lavadas y sobre determinados elementos de las máquinas.
- b)- Precipitación de jabones insolubles provenientes de los ácidos grasos del propio jabón usado en la formulación o de la suciedad ácida.
- c)- Precipitación de sales insolubles de tensioactivos aniónicos con la consiguiente reducción de la concentración de éstos en el baño de lavado.
- d)- Aumento de la redeposición debido a que la adsorción de los cationes polivalentes sobre las partículas sólidas de suciedad dispersas en el baño de lavado, reduce sus potenciales eléctricos, provocando su floculación y redeposición sobre el sustrato.

Por otra parte, los cationes polivalentes actúan como puentes de unión entre el sustrato y la suciedad cargados negativamente, promoviendo la redeposición de la suciedad.

- e)- Disminución de la eliminación de la suciedad de la mayoría de los textiles, debido a que la adsorción de los cationes polivalentes sobre el sustrato y la suciedad, reduce sus potenciales eléctricos impidiendo por tanto la eliminación de la suciedad.

...//...

Se adjuntan las Tablas de datos sobre la dureza en las aguas de abastecimiento de las principales poblaciones españolas, según recoge el estudio realizado en 1.979 por la Asociación de Investigación de la Industria Española de Detergentes, Tensioactivos y Afines (A.I.D.).

.....//.....

Estudio de la dureza en las aguas de abastecimiento de las principales poblaciones de España

ANEJO 1

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Mín.	Medio	
ALAVA	199	Vitoria	132	40	10	19	(1)
ALBACETE	340	Albacete	93	47	43	45	(1)
		Hellín	22	65	40	52	(2)
		Villarobledo	20	-	-	53	(2)
			135				
ALICANTE	922	Alicante	184	55	46	51	(1)
		Elche	124	70	45	55	(1)
		Alcoy	61	29	24	25	(1)
		Orihuela	46	51	35	43	(1)
		Elda	42	54	41	46	(1)
		Villena	26	-	-	26	(2)
			483				
ALMERIA	377	Almería	114	120	50	82	(1)
AVILA	211	Avila	30	3	1	2	(1)
BADAJOZ	701	Badajoz	101	7	3	5	(1)
		Mérida	38	48	12	28	(1)
		Don Benito	27	27	8	17	(1)
		Almendralejo	22	-	-	13	(2)
		Villanueva La Serena	22	-	-	9	(2)
			210				
BALEARES	532	Palma Mallorca	234	61	31	41	(1) (3)
		Manacor	23	-	-	40	(2)
			257				
BARCELONA	3915	Barcelona	1745				(1) (3)
		- Ter		24	18	20	
		- Llobregat		54	39	46	
		Hospitalet	241	54	42	49	(1)
		Badalona	163	39	23	32	(1)
		Sabadell	158	58	33	42	(1)
		Tarrasa	137	64	40	47	(1)
		Sta. Coloma G.	105	59	22	36	(1)
		Cornellá	76	59	37	50	(1)
Mataró	73	33	18	22	(1)		

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Mín.	Medio	
		Manresa	58	34	25	28	(1)
		S. Baudillo Ll.	49	56	41	49	(1)
		Prat Llob.	36	94	47	66	(3)
		Villanueva G.	36	97	46	78	(2) (3)
		Granollers	30	-	-	33	(1)
		Esplugas Ll.	29	53	33	43	(1)
		Igualada	28	86	48	63	(1)
		Vic	26	27	19	23	(1)
		S. Adrián B.	25	23	18	20	(1)
		Viladecans	24	53	33	43	(1)
		Rubí	24	57	38	49	(1)
		Gavá	24	53	33	43	(1)
		Montcada y R.	22	22	18	20	(1)
		S. Feliu Ll.	22	53	33	43	(1)
		San Cugat	20				(1) (3)
		- 1		22	18	20	
		- 2		53	33	43	
		Mollet	20	-	-	61	(2)
		Sardanyola	20	22	18	20	(1)
		Ripollet	20	22	18	20	(1)
			<hr/>				
			3211				
BURGOS	361	Burgos	119	3	1	2	(1)
		Miranda Ebro	34	20,5	14	18	(1)
			<hr/>				
			153				
CACERES	467	Cáceres	56	28	4	12	(1)
		Plasencia	26				
			<hr/>				
			82				
CADIZ	878	Cádiz	135	30	20	25	(1)
		Jerez	149	30	20	25	(1)
		Algeciras	80	7	5	6	(1)
		S. Fernando	57	30	20	25	(1)
		Sanlúcar	42	30	20	25	(1)
		Pto. Sta. María	41	30	20	25	(1)
		Chiclana	28	32	21	26	(1)
		Arcos Frontera	27	35	25	20	(1)
		La Línea Concep.	53	8	5	6	(1)
			<hr/>				
			612				
CASTELLON	386	Castellón	93	55	46	48	(1)
		Villarreal	33	-	-	38	(2)
		Vall de Uxó	24	-	-	46	(2)
		Burriana	23	-	-	64	(2)
			<hr/>				
			173				
CEUTA	62	Ceuta	62	25	21	23	(2)
CIUDAD REAL	512	Ciudad Real	41	20	11	13	(1)
		Puertollano	54	12	4	7	(1)
		Alcázar S. Juan	27	-	-	27	(1)
		Tomelloso	26	-	-	27	(2)

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Mín.	Medio	
CORDOBA	731	Valdepeñas	25	-	-	48	(2)
			173				
		Córdoba	235	22	7	12	(1)
		Lucena	28	-	-	37	(2)
		Puente Genil	27	-	-	48	(2)
		Montilla	23	-	-	31	(2)
		Priego de Córdoba	22	-	-	46	(2)
		Cabra	22	-	-	29	(2)
Baena	20	-	-	33	(2)		
			377				
CORUÑA (LA)	1030	La Coruña	195	4	2	3	(1)
		El Ferrol	80	4	3	3	(1)
		Santiago	66	3	1	2	(1)
		Carballo	25	-	-	3	(2)
		Narón	22	4	2	3	(1)
			388				
CUENCA	251	Cuenca	34	31	27	29	(1)
GERONA	412	Gerona	50	22	18	19	(1)
		Figueras	22	22	17	19	(1)
		Olot	22	35	21	27	(1)
		94					
GRANADA	741	Granada	190	15	5	10	(1)
		Motril	32	-	-	19	(2)
		Baza	20	-	-	23	(2)
		Guadix	20	-	-	11	(2)
		262					
GUADALAJARA	149	Guadalajara	31	15	4	10	(1)
GUIPUZCOA	626	S. Sebastián	165	-	-	3	(2)
		Irún	45	21	3	-	(2)
		Eibar	37	-	-	18	(2)
		Rentería	34	-	-	3	(2)
		Hernani	23	-	-	14	(2)
		Pasajes	22	-	-	15	(2)
		Mondragón	22	14	8	11	(2)
	348						
HUELVA	403	Huelva	96	30	5	14	(1)
HUESCA	221	Huesca	33	23	19	21	(1)
JAEN	668	Jaén	78	-	-	23	(2)
		Linares	52	-	-	11	(2)
		Andújar	32	-	-	83	(2)

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Mín.	Medio	
		Ubeda	28	23	18	20	(1)
		Martos	22	43	21	32	(1)
			<hr/> 212				
LEON	562	León	105	16	10	14	(1)
		Ponferrada	47	7	5	6	(1)
			<hr/> 152				
LERIDA	347	Lérida	90	63	12	29	(1)
LOGROÑO	234	Logroño	84	20	8	15	(1)
LUGO	423	Lugo	63	4	2	3	(1)
MADRID	3761	Madrid	3146	4	2	3	(1)
		Getafe	69	4	2	3	(1)
		Alcalá Henares	57				(1) (3)
		- 1		20	5	12	
		- 2		10	4	6	
		Leganés	56	4	3	3	(1)
		Alcorcón	46	10	2	4	(1)
		Aranjuez	29	-	-	82	(2)
		Alcobendas	25	-	-	3	(2)
		Torrejón Ardoz	22	-	-	4	(2)
			<hr/> 3450				
MALAGA	853	Málaga	374	60	25	42	(1)
		Vélez Málaga	43	31	22	26	(1)
		Antequera	41	16	13	15	(1)
		Ronda	30	-	-	17	(2)
		Marbella	29	-	-	25	(2)
		Estepona	22	-	-	25	(2)
		Coín	21	-	-	34	(2)
			<hr/> 560				
MELILLA	60	Melilla	60	80	30	55	(2)
MURCIA	832	Murcia	243	68	42	53	(1)
		Cartagena	143	26	23	25	(1)
		Lorca	60	27	23	25	(1)
		Cieza	26	60	36	54	(1)
		Molina de Segura	24	60	36	52	(1)
		Yecla	21	-	-	41	(2)
		Jumilla	20	-	-	31	(2)
		Aledo	20	-	-	31	(2)
			<hr/> 557				
NAVARRA	466	Pamplona	147	25	11	19	(1)
		Tudela	22	-	-	38	(2)
			<hr/> 169				
ORENSE	441	Orense	73	5	1	2	(1)

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Mín.	Medio	
OVIEDO	1052	Oviedo	154	20	12	16	(1)
		Gijón	185	25	15	20	(1)
		Avilés	82	18	10	15	(1)
		Mieres	66	18	9	11	(1)
		Langreo	59	12	8	10	(1)
		Siero	36	-	-	25	(2)
		S. Martín del Rey	28	-	-	7	(2)
		Aller	25	-	-	10	(2)
		Cangas Narcea	20	-	-	1	(2)
					655		
PALENCIA	201	Palencia	58	26	5	14	(1)
PALMAS (LAS)	548	Las Palmas	287	80	40	60	(2)
		Telde	43	80	60	40	(2)
		Arucas	24	20	10	15	(1)
		Arrecife	22	400	10	205	(1)
			376				
PONTEVEDRA	781	Pontevedra	52	2	1	1	(1)
		Vigo	199	4	1	2	(1)
		La Estrada	29	-	-	1	(2)
		Villagarcla	25	-	-	1	(2)
		Redondela	23	-	-	2	(2)
		Lalín	21	-	-	2	(2)
		Marín	20	3	1	2	(1)
			369				
SALAMANCA	380	Salamanca	125	5	4	4	(1)
STA. CRUZ TENERIFE	576	Sta. Cruz	151	40	6	23	(2)
		La Laguna	78	50	40	30	(2)
		La Orotava	27	12	6	9	(2)
		Icod los Vinos	25	25	12	19	(2)
		Los Realejos	23	25	10	18	(2)
		Pto. La Cruz	22	12	8	10	(1)
			326				
SANTANDER	469	Santander	149	24	19	22	(1)
		Torrelavega	43	18	15	-	(2)
			192				
SEGOVIA	162	Segovia	41	2	1	1	(1)
SEVILLA	1336	Sevilla	548	15	8	12	(1)
		Dos Hermanas	40	27	22	25	(1)
		Utrera	36	-	-	33	(2)
		Ecija	36	17	14	16	(1)
		Alcalá Guadaira	34	-	-	25	(2)
		Morón Frontera	30	-	-	24	(2)
		Carmona	25	-	-	76	(2)

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máx.	Min.	Medio	
		Lebrija	22	-	-	36	(2)
		Osuna	22	-	-	28	(2)
		Marchena	22	-	-	19	(2)
		Camas	22	15	8	11	(1)
		S. J. Aznalfarache	20	15	8	11	(1)
			<hr/>				
			857				
SORIA	117	Soria	25	13	5	9	(1)
TARRAGONA	443	Tarragona	78	120	90	100	(1)
		Reus	60	40	30	34	(1)
		Tortosa	47	48	34	42	(1)
			<hr/>				
			185				
TERUEL	173	Teruel	21	46	40	43	(1)
TOLEDO	477	Toledo	44	19	5	10	(1)
		Talavera Reina	46	39	5	9	(1)
			<hr/>				
			90				
VALENCIA	1769	Valencia	653	56	42	50	(1)
		Sagunto	47	110	90	88	(1)
		Torrente	40	54	36	40	(1)
		Gandía	36	-	-	32	(2)
		Alcira	33	-	-	42	(2)
		Onteniente	24	-	-	26	(2)
		Burjasot	23	-	-	48	(2)
		Algemesí	23	-	-	52	(2)
		Játiva	22	-	-	30	(2)
		Paterna	22	-	-	60	(2)
		Sueca	22	-	-	64	(2)
		Chirivella	20	-	-	70	(2)
		Quart de Poblet	20	-	-	52	(2)
		Mislata	20	54	48	51	(1)
		Manises	20	55	49	52	(1)
			<hr/>				
			1025				
VALLADOLID	413	Valladolid	236				(1) (3)
		- 1		18	8	14	
		- 2		30	20	25	
VIZCAYA	1041	Bilbao	410	11	10	-	(2)
		Baracaldo	109	-	-	12	(2)
		Santurce	46	-	-	13	(2)
		Portugalete	46	27	-	9	(2)
		Basauri	42	-	-	12	(2)
		Guecho	39	-	-	9	(2)
		Sestao	37	-	-	15	(2)
		Durango	23	-	-	11	(2)
			<hr/>				
			752				

Provincia	Miles hab.	Población	Miles hab.	Dureza °F			Proced. datos
				Máy.	Mín.	Medio	
ZAMORA	253	Zamora	49	28	25	26	(1)
ZARAGOZA	757	Zaragoza	479	37	25	32	(1)
	<u>34022</u>		<u>18821</u>				

Con los datos correspondientes a estas Tablas se ha confeccionado el Mapa de dureza de aguas de abastecimiento que se adjunta.

2.6. Poder secuestrante: Métodos de determinación

Entre los métodos descritos en la bibliografía consultada, destacan básicamente dos, que a continuación se describen:

2.6.1. Técnica turbidimétrica

Este método, con alguna variante, aparece en varios artículos técnicos (13,14,16,60,64).

Según Wilham (16):

1 gramo de coadyuvante se disuelve en 50 ml de agua destilada, ajustando el pH a 10 con NaOH.

Se añaden 3 ml de una disolución al 2% en peso de oxalato sódico (16) o carbonato sódico (13).

Se valora con una disolución de acetato cálcico al 1% en peso, hasta aparición de ligera turbidez.

Cada ml de la disolución de acetato cálcico equivale a 6,32 mg de $\text{CaCO}_3 = 2,54 \text{ mg de Ca}^{2+}$.

Según el método descrito, los resultados obtenidos con diversos agentes secuestrantes (16) son:

pH = 10,

Temperatura = 25°C

STPP	341 mg CaCO_3/g	de coadyuvante.
NTA	321	" "
Citrato Sódico	94	" "

Estos valores se repiten en la referencia (61).

...//...

En las mismas condiciones en la ref. (13) aparecen los valores siguientes:

STPP	369 mg CaCO ₃ /g	de	coadyuvante.
Citrato Sódico	380	"	"

Finalmente, en la ref. 14, para pH 10 y 20°C se indican los valores:

STPP	282 mg CaCO ₃ /g	de	coadyuvante.
NTA	503	"	"
Citrato Sódico	348	"	"

La discrepancia de resultados a pesar de ser el mismo método de determinación del poder secuestrante el usado, revela las deficiencias del mismo.

En efecto, según (13): las valoraciones turbidimétricas pueden ser influenciadas por la acción dispersante del coadyuvante, acción que puede interferir en la formación del precipitado de calcio y, por tanto, en el punto final de la valoración.

Otra crítica al método turbidimétrico, es la expresada en la ref. (61):

El efecto complejante en disolución tiene lugar por coordinación de los distintos oxígenos del ligando con uno y el mismo catión Ca²⁺; mientras que la adsorción puede ocurrir con distintos cationes Ca²⁺ sobre la superficie del cristal.

La adsorción de ligandos libres sobre los cristales de oxalato cálcico puede inhibir el crecimiento de éstos y hasta determinados valores de Ca²⁺, pueden mantener el diámetro cristalino por debajo del límite de detección visible ($\emptyset \sim 1 \mu\text{m}$).

...//...

Esto significaría que compuestos con un poder complejante relativamente bajo, pueden poseer una buena capacidad de adsorción, enmascarando el punto final de la valoración (impidiendo el crecimiento de los cristales de oxalato cálcico).

Otro método turbidimétrico es el descrito en la ref. (62).

2.6.2. Valoración con electrodo selectivo de iones calcio.

Este método, que se cita por su importancia, está ampliamente detallado en los artículos que a continuación se enumeran:

REF. 63 - J.L. Casas y otros - XV Jornadas CED, 1983, pags. 519-540.

REF. 17 - D.M. Chang - JAOCS 1983, 60 (3), pags. 618-622.

REF. 64 - M.K. Nagarajan - JAOCS 1984, 61 (9), pags. 1475-1478.

2.6.3. Otros métodos

- Valoración ácido-base descrito en (4, 65).

- Métodos nefelométricos descritos en (4).

- Relacionado con el poder secuestrante, es particularmente interesante el método descrito por F. Smeets (60).

...//.....

2.7. Detergencia, generalidades y métodos de determinación

2.7.1. Generalidades

Una posible introducción al complejo fenómeno detergente, puede realizarse a través de las múltiples definiciones que de dicho fenómeno se encuentran en la literatura sobre el tema:

"La detergencia puede ser ampliamente definida como cualquier procedimiento para la eliminación de la suciedad (sólida o líquida) de la superficie de un sólido por medio de un líquido" (K. DURHAM 91).

"El término detergencia aplicado a un agente tensioactivo significa la propiedad específica que éste posee para mejorar el poder limpiador de un líquido" (ROSEN 90).

"El término detergencia se utiliza para describir la acción efectuada por los tensioactivos de eliminar la suciedad adherida a los objetos o a la piel de los seres vivos" (J.J. GARCIA DOMINGUEZ 94).

"Un detergente es un producto que limpia o se usa para limpiar" (A.DAVIDSON 89).

A pesar de la aparente sencillez que muestran estas definiciones, los mecanismos de la detergencia no son ni únicos, ni sencillos.

...//...

En todo proceso detergente hay presentes tres elementos fundamentales:

- a)- El sustrato o superficie a limpiar.
- b)- La suciedad.
- c)- El baño de lavado.

Las dificultades para desarrollar un mecanismo único para interpretar el proceso de lavado, reside en la existencia de una infinita variedad de los dos primeros elementos citados: sustrato y suciedad. El sustrato puede variar desde una superficie dura como la de un plato, hasta la superficie blanda de una pieza de algodón o de lana. La suciedad puede ser un líquido o un sólido (generalmente una combinación de ambos), iónico o apolar, inerte o reactivo respecto al baño de lavado, etc...

En general, la acción detergente se caracteriza fundamentalmente por dos hechos:

- A)- Eliminación de la suciedad no deseada.
 - B)- Suspensión de la suciedad en el baño de lavado para evitar que vuelva a depositarse sobre el sustrato limpio.
- A)- Separación de la suciedad del sustrato

En general, existen dos tipos de suciedad, una líquida (aceitosa) y otra sólida (en forma de partículas e.g. el polvo).

- Eliminación de la suciedad sólida

La eliminación de la suciedad de naturaleza sólida se efectúa a través de una humectación previa del sistema sustrato-partícula por el baño en contacto con ellos y la posterior adsorción del tensioactivo y de otros componentes del baño (e.g. iones inorgánicos) en las interfaces sustrato-baño y suciedad-baño (90).

- Eliminación de la suciedad líquida

La eliminación de la suciedad de naturaleza líquida (aceite, sebo, etc..) tiene lugar principalmente por un mecanismo de "roll-back" causado por una humectación preferencial del sustrato por el baño de lavado. Durante este proceso que se ilustra en el esquema subsiguiente, la suciedad líquida originalmente presente en forma de película delgada sobre la superficie del sustrato, es transformada por la acción del baño de lavado, en pequeñas gotitas que son eliminadas, bien por la corriente hidráulica del baño de lavado, bien por simple agitación.



Mecanismo de eliminación de suciedad aceitosa

B)- Suspensión de la suciedad en el baño

Dependiendo de la naturaleza de la suciedad, la suspensión de ésta en el baño y la prevención de su redeposición sobre la ropa, tienen lugar por diferentes mecanismos que se describen a continuación:

- Formación de barreras eléctricas

La formación de barreras eléctricas es posiblemente el mecanismo más importante mediante el cual se evita que la suciedad de naturaleza sólida se redeposite sobre el sustrato.

La formación por adsorción en las interfaces de tensioactivo o de los iones presentes en el baño (e.g. polifosfatos) de una doble capa eléctrica del mismo signo (generalmente negativo) permite la separación de la suciedad del sustrato (21, 90, 94).

- Solubilización mediante micelas

Si el tensioactivo se halla en el baño de lavado, en concentración superior a su concentración micelar, las partículas hidrófobas de suciedad se sitúan en el interior de las micelas, separándose de la fase acuosa y quedando totalmente imposibilitadas para depositarse de nuevo sobre el sustrato (90).

- Emulsificación

Para que éste mecanismo tenga importancia, es preciso que la tensión interfacial entre las gotas a emulsionar y el baño sea muy pequeña (90), de tal manera que la emulsificación se lleve a cabo con muy poco trabajo mecánico. Parece ser que en este caso, la adsorción de tensioactivo en la interfase juega un papel determinante (90).

2.7.2. Métodos de determinación

En general, cualquier método que se adopte para evaluar la eficacia detergente ha de tener una relación estrecha con la práctica doméstica. Este ha de ser el principio que guíe la elección del sustrato y la suciedad y por ende, la elección del método de lavado de las prendas sucias.

Los métodos de evaluación más comunes pueden dividirse en tres categorías:

- a)- Evaluación doméstica, en la que las prendas sucias son lavadas en condiciones domésticas.
- b)- Pruebas de laboratorio.
- c)- Medidas de propiedades físicas de las formulaciones detergentes.

La fibra más utilizada en ensayos de laboratorio es el algodón y ello, por dos razones básicas:

- La dificultad específica de la limpieza de esta fibra .
- Es la fibra de uso más extendido (sóla o mezclada con otras fibras).

Antes de pasar a la descripción de métodos de evaluación de la eficacia detergente, conviene citar el texto del Comité D-12 del ASTM, porque condensa y resume perfectamente el estado actual de la técnica:

"Método estándar para medir la eliminación de la suciedad de prendas ensuciadas artificialmente".

" A. Objeto

A.1. Este método aporta indicaciones para medir la capacidad de los detergentes para eliminar las manchas de telas artificialmente ensuciadas. En principio, pretende ser un test de muestreo de laboratorio para ayudar en la formulación de productos detergentes desde el punto de vista de control de calidad, y como una base entre comprador y vendedor, para "standardizar" el rendimiento de productos específicos.

A.2. El "ranking" de productos detergentes variará grandemente, dependiendo del tipo de tela ensuciada, -- usada en el test. Por lo tanto, la selección de la tela ensuciada estándar, se hará de acuerdo entre las partes interesadas.

....//....

A.3. El test, tal cual, no es adecuado para clasificar productos detergentes ya que no se dispone de ninguna base de datos para establecer una correlación entre el rendimiento detergente sobre una tela artificialmente ensuciada y la detergencia sobre telas naturalmente ensuciadas.

A.4. Un procedimiento sugerido para comparar el rendimiento de dos detergentes sobre ropa naturalmente ensuciada en lavadora doméstica es el que se describe en el método D-2960-71T. "

Dentro de las pruebas de Laboratorio, los dos métodos de lavado más extendidos son los que utilizan como máquinas de lavar, el LAUNDER-O-METER y el TERG-O-METER, respectivamente.

En cuanto a la evaluación de resultados, puede decirse que de forma casi única, ésta se lleva a cabo por medidas de la reflectancia antes y después de lavar la tela.

Entre las monografías sobre el tema, conviene citar el capítulo 9 del libro de K. DURHAM (91), el capítulo 9 del tomo I de W.G. CUTLER (4) y la referencia 96 completa.

A modo de conclusión, puede decirse que la detergencia no es un proceso standar, debido a su complejidad fisicoquímica y a sus implicaciones demográficas. A pesar de la voluminosa literatura sobre el tema, sólo hay respuestas parciales. Por combinación de los tipos de tensioactivos, de sus concentraciones, del tipo de suciedad, sustrato, temperatura, dureza del agua, se puede esperar cualquier resultado imaginable. Frente a toda esta ambigüedad, la credibilidad de unos resultados reside en la especificación detallada de las condiciones en las que el test se ha desarrollado; - por esta razón, es ilícito hablar de "detergencia" fuera de un contexto muy definido.

3. PARTE EXPERIMENTAL

- 3.1. Determinación de la estabilidad frente al agua dura.
- 3.2. Poder detergente.
- 3.3. Características de los productos utilizados.
- 3.4. Formulaciones estudiadas.

3.1. Determinación de la estabilidad frente al agua dura.

La estabilidad frente al agua dura se ha medido de acuerdo con la norma UNE-55-507.72. Consiste en preparar en tubos de ensayo de 30 mm de diámetro, cuatro series de mezclas de concentraciones diferentes de calcio, manteniendo la concentración de detergente en cada serie. Dentro de cada serie se ha mantenido la concentración de calcio, modificando la de detergente.

Las concentraciones de iones calcio en las mezclas de las cuatro series expresadas en grados franceses son : 20, 30, 45 y 60°F, que se corresponden a 2, 3, 4.5 y 6 mmol/L de Cl_2Ca .

Las concentraciones de detergente dentro de cada serie han sido respectivamente 5, 2.5, 1.2, 0.6 y 0.3 g/L.

Finalmente y con objeto de estudiar el efecto de la temperatura sobre la estabilidad, se ha determinado ésta a 20, 27.5, 35, 50 y 70°C.

Para cada dureza y temperatura de ensayo, una serie queda definida por cinco concentraciones de detergente, obteniéndose por tanto cinco valores de estabilidad, cuya magnitud, según la norma UNE, puede oscilar entre un mínimo de 1 (precipitado abundante) y un máximo de 5 (disolución clara)

...//...

Como el trabajo se ha desarrollado con cuatro durezas y a cinco temperaturas de ensayo, se pueden expresar en forma matemática las estabilidades medias obtenidas en cada uno de los casos considerados.

Sea:

X_i = valor de estabilidad correspondiente a la concentración i .

j = valor correspondiente a la dureza j .

k = valor correspondiente a la temperatura k .

Para una formulación y temperatura de ensayo dadas:

$$\text{Estabilidad media} = \left\{ \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^5 X_{ij} \right\} : 20$$

Para una formulación y dureza dadas:

$$\text{Estabilidad media} = \left\{ \sum_{k=1}^5 \sum_{i=1}^5 X_{ik} \right\} : 25$$

Para una formulación y concentración dadas:

$$\text{Estabilidad media} = \left\{ \sum_{k=1}^5 \sum_{j=1}^4 X_{jk} \right\} : 20$$

Para una formulación dada:

$$\text{Estabilidad media} = \left\{ \sum_{k=1}^5 \sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^5 X_{ijk} \right\} : 100$$

...//...

3.2. Poder detergente

Se ha determinado de acuerdo con el ASTM Standard D-3050/75.

3.2.1. Tejido y suciedad

Tejido : EMP-101 (algodón)
Trozos de tejido : 10 cm x 10 cm.
Suciedad : carbón y aceite de oliva.

3.2.2. Máquina lavadora, lavados y enjuagados.

Máquina lavadora : TERG-OTOMETER modelo 7243S de la United States Testing Co. Inc.

Está formada por un baño termostático en cuyo interior se introducen seis recipientes cilíndricos de 2 litros de capacidad y va provisto de 6 agitadores metálicos cuya frecuencia de agitación es regulable.

El procedimiento de lavado para una formulación dada consiste en introducir en un recipiente 6 unidades de tejido patrón ensuciado y un litro de baño de lavado constituido por una disolución formada por agua de una dureza determinada y con una concentración de detergente predefinida.

En las experiencias realizadas, las condiciones de lavado han sido las siguientes:

Concentración detergente : 0,6%.
Agua : 300 ppm como CO_3Ca
Tiempo de lavado : 20 minutos
Temperatura : 60°C
Agitación : 150 r.p.m.

...//...

Terminado el lavado se da un enjuagado con agua destilada de 10 minutos de duración. Finalmente, las telas enjuagadas se dejan secar en una estufa de aire.

3.2.3. Medida de la reflectancia

Se ha utilizado un colorímetro XL-23 de la Gardner Instruments.

Para estimar la eficacia deter_siva, se leen las reflectancias del tejido patrón (6 unidades) ensuciado, antes y después del lavado, expresándose la eficacia deter_siva por el aumento de reflectancia, correspondiendo el valor de este aumento a la media aritmética resultante de las lecturas de las seis unidades.

3.2.4. Estudio estadístico de los resultados

El estudio estadístico de los datos se ha realizado por análisis de varianza con un solo factor. Se ha tomado el 1% como valor del nivel de significación para el desprecio de la hipótesis nula (66, 67)

Cuando se realiza el análisis de varianza con un solo factor (ANOVA) y se rechaza la hipótesis nula, entonces lo único que puede afirmarse es que las medias de los distintos niveles del factor no son iguales, pero no se sabe si son todas distintas, o bien hay grupos con medias iguales.

Para obtener esta información, se realiza el test de comparaciones múltiples de Duncan. Este test está ampliamente descrito (68) y consiste básicamente en determinar la mínima diferencia significativa (M.D.S.) entre medias muestrales.

La aplicación del test se ha realizado mediante la confección y utilización de un programa de ordenador.

...//...

3.3. Características de los productos utilizados

- Dodecilbencenosulfonato sódico (LAS)

riqueza	41%
SO ₄ Na ₂	7%
agua y otros componentes menores	52%

- Tensioactivo no iónico (NI): mezcla de alcoholes grasos C13-C15 con un valor 7 de grado medio de oxidación.

- Jabón: preparado a partir de ácidos grasos (cetil-esteárico) de peso molecular medio 271 obtenido por hidrogenación de sebo y neutralizado con NaOH.

- Silicato Sódico:

SiO ₂	24,9%
NaO ₂	12,7%
Agua	62,4%

- Carboximetilcelulosa:

riqueza	63%
ClNa	18%
agua	resto
glicolato	13%
grado de sustitución : 0,6	

- Hidrótropo :

Toluensulfonato	90%
SO ₄ Na ₂	1.5%
agua	1%

- Sulfato Sódico: calidad comercial

- Tripolifosfato Sódico (STPP)

riqueza	95%
pirofosfato sódico	1,5%
metafosfato sódico	0,5%
P ₂ O ₅ (base seca).....	56,5%
SO ₄ Na ₂	2,5%
Otros componentes menores	1,0%

De este STPP se han ensayado tres calidades de hidratación (rápida, normal y lenta) cuyas diferencias estriban fundamentalmente en la temperatura de calcinación alcanzada en el proceso de fabricación.

- Acido cítrico monohidrato:

riqueza	99,5%
---------------	-------

- Citrato trisódico dihidrato

riqueza	99%
---------------	-----

- Acido oxálico dihidrato

riqueza	99,5%
---------------	-------

- Oxalato disódico

riqueza	99%
---------------	-----

- Acido D.L. málico

riqueza	99,5%
---------------	-------

- Acido tartárico

riqueza	99,5%
---------------	-------

- Sal sódica de ácido etilendiaminotetracético

riqueza	99%
---------------	-----

- Acido nitrilotriacético

riqueza	99%
---------------	-----

3.4. Formulaciones estudiadas

Todas las formulaciones estudiadas poseen la siguiente base común:

- 6% en peso de dodecibencenosulfonato sódico.
- 3% en peso de no iónico.
- 3% en peso de jabón.
- 5% en peso de silicato sódico.
- 1% en peso de carboximetilcelulosa.
- 1% en peso de hidrótopo.
- 51% en peso de sulfato sódico.
- 30% restante es de coadyuvante y varía para las treinta y cuatro formulaciones estudiadas, según se expresa en la Tabla V.

Tomando como referencia esta base común, las formulaciones a estudiar se han preparado poniendo cincuenta gramos de la citada composición en un litro de agua.

...//...

4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD FRENTE AL AGUA DURA

- 4.1. Selección de un tripolifosfato penta-sódico.
- 4.2. Variación de la estabilidad media con la temperatura.
- 4.3. Variación de la estabilidad media con la dureza del agua.
- 4.4. Variación de la estabilidad media con la concentración.
- 4.5. Variación de la estabilidad media con el contenido en STPP
- 4.6. Estabilidad global.

4. ESTUDIO DE ESTABILIDAD FRENTE AL AGUA DURA

Los datos experimentales correspondientes al estudio de estabilidad frente al agua dura, frente a la temperatura, a la dureza del agua, a la concentración y al contenido de coadyuvante figuran en el Anexo en las tablas A-1 a A-36.

4.1. Selección de un tripolifosfato pentasódico

Se han ensayado las tres calidades citadas en el apartado 3.3.

En la Tabla VI se recogen los datos de estabilidad media correspondientes a la formulación F-2, modificando la calidad del STPP.

TABLA VI

Estabilidad media frente a la temperatura.

	<u>20°C</u>	<u>27,5°C</u>	<u>35°C</u>	<u>50°C</u>	<u>70°C</u>
Hidratación rápida	2,9	2,7	2,5	2,0	1,7
" " lenta	2,7	2,4	2,1	1,7	1,6
" " normal	2,6	2,6	2,2	1,9	1,8

Estabilidad media frente a la dureza.

	<u>20°F</u>	<u>30°F</u>	<u>45°F</u>	<u>60°F</u>
Hidratación rápida	3,5	2,7	1,7	1,5
" " lenta	3,1	2,1	1,7	1,3
" " normal	3,4	2,4	1,5	1,5

	<u>H. rápida</u>	<u>H. lenta</u>	<u>H. normal</u>
Estabilidad media global	2,4	2,1	2,2

De acuerdo con los datos de la citada Tabla VI, para el estudio frente a los distintos coadyuvantes, se ha elegido el STPP de hidratación rápida por presentar las formulaciones preparadas con él una mayor estabilidad, aunque las diferencias frente a las otras dos calidades no resulten ser significativas.

.....//.....

4.2. Variación de la estabilidad media con la temperatura.

En la Tabla VII y en el Gráfico I, se recogen los datos de estabilidad media de las distintas formulaciones preparadas con el STPP de hidratación rápida y se comparan los valores obtenidos a cada una de las temperaturas de ensayo.

Los apartados subsiguientes irán titulados con el nombre del sustituto del STPP, entendiéndose que se trata de formulaciones en las que el STPP ha sido sustituido total o parcialmente por el componente que figura en el apartado.

4.2.1. Formulación sin coadyuvante (F-1)

La formulación sin coadyuvante es igualmente estable para cualquiera de las temperaturas consideradas y su estabilidad es alta.

4.2.2. Formulación con 30% de STPP (F-2)

Se observa un descenso significativo de la estabilidad media con la temperatura.

4.2.3. Citrato sódico (F-3 a F-6)

Se observa, en general, un descenso significativo de la estabilidad media con la temperatura, siendo este efecto menos acusado para la formulación F-6.

4.2.4. Acido cítrico (F-7 a F-10)

La estabilidad aumenta o se mantiene con la temperatura.

.....//.....

4.2.5. Oxalato sódico (F-11 a F-14)

Con excepción de la formulación F-11 en la que la estabilidad disminuye con el aumento de la temperatura, en las restantes, la estabilidad no varía.

4.2.6. Acido oxálico (F-15 a F-18)

No se observan variaciones significativas de la estabilidad con la temperatura.

4.2.7. Acido málico (F-19 a F-22)

Para las formulaciones F-20 a F-22, la estabilidad aumenta con la temperatura. Hay, sin embargo, que destacar en la formulación F-19 la pérdida de estabilidad a 70°C.

4.2.8. Acido tartárico (F-23 a F-26)

Con excepción de la formulación F-23, en las restantes formulaciones se observa un aumento significativo de la estabilidad con la temperatura.

4.2.9. Sal sódica de AEDT (F-27 a F-30)

En este caso, el comportamiento es desigual, manteniéndose la estabilidad para todas las formulaciones y aumentando para la F-28.

4.2.10 Acido nitrilotriácetico (F-31 a F-34)

Destaca la formulación F-34 donde la estabilidad aumenta con la temperatura hasta 35°C, valor a partir del cual no varía; mientras que en las restantes formulaciones la estabilidad es independiente de la temperatura.

...//...

TABLA VII

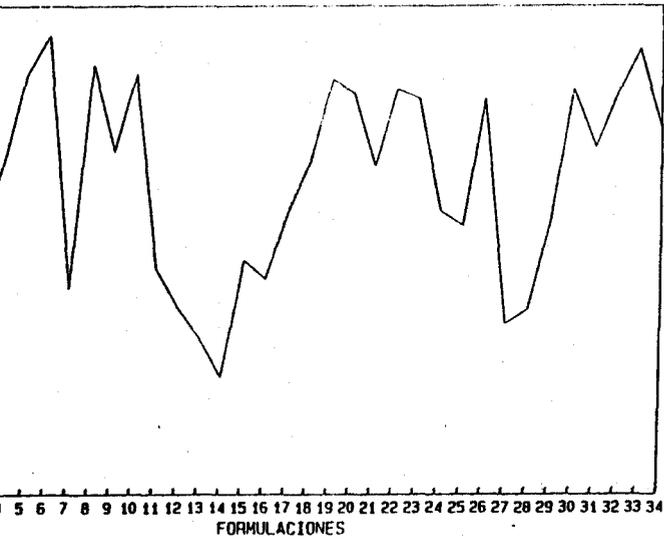
VARIACION DE LA ESTABILIDAD MEDIA

CON LA TEMPERATURA

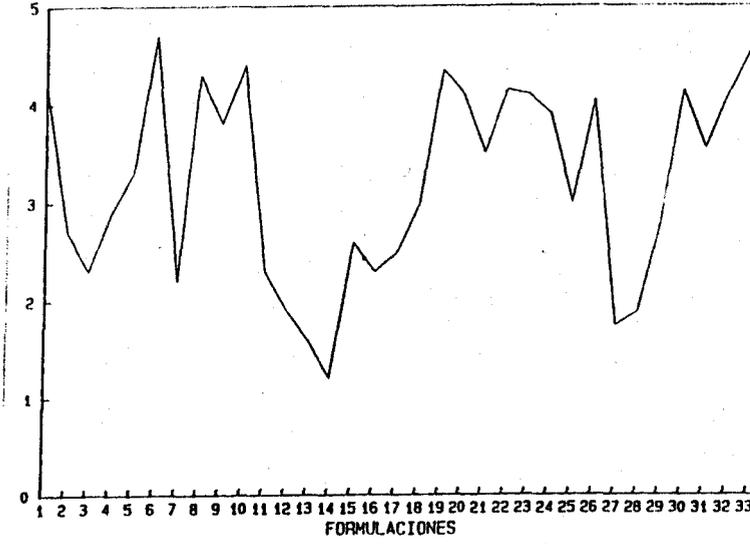
	Form/ Temp.	20° C	27,5° C	35° C	50° C	70° C
Sin coadyuv.	F- 1	4,2	4,2	4,2	4,2	4,2
STPP	F- 2	2,9	2,7	2,5	2	1,7
Citrato Sódico	F- 3	2,6	2,3	2,2	1,9	1,7
	F- 4	3,4	2,9	2,2	2,1	1,8
	F- 5	4,3	3,3	2,9	2,2	1,7
	F- 6	4,7	4,7	4,6	4,2	3,9
Acido Cítrico	F- 7	2,1	2,2	2,1	2,9	3,5
	F- 8	4,4	4,3	4,2	4,1	4
	F- 9	3,5	3,8	2,9	4,2	4,3
	F-10	4,3	4,4	4,6	4,7	4,5
Oxalato Sódico	F-11	2,3	2,3	2,3	1,9	1,7
	F-12	1,9	1,9	1,9	1,7	1,7
	F-13	1,6	1,6	1,6	1,7	1,7
	F-14	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
Acido Oxálico	F-15	2,4	2,6	2,3	2,4	2,3
	F-16	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4
	F-17	2,9	2,5	2,7	2,9	2,9
	F-18	3,4	3	3,1	3,1	3,2
Acido Málico	F-19	4,25	4,35	4,4	4	2,65
	F-20	4,1	4,05	4,4	4,4	4,4
	F-21	3,35	3,5	3,8	4,3	4,3
	F-22	4,15	4,15	4,15	4,4	4,4
Acido Tartárico	F-23	4,05	4,1	4,35	4,35	3,25
	F-24	2,9	3,85	3,95	4,6	4,1
	F-25	2,75	3	3,05	4,1	3,85
	F-26	4,05	4,05	4,15	4,35	4,30
AEDT	F-27	1,75	1,75	1,75	1,8	1,80
	F-28	1,90	1,85	2,90	2,85	2,75
	F-29	2,80	2,8	2,75	2,55	2,55
	F-30	4,15	4,15	4,3	4,4	4,4
NTA	F-31	3,55	3,55	3,8	3,5	3,5
	F-32	4,1	4,1	4	4,2	4,2
	F-33	4,55	4,55	4,5	4,5	4,5
	F-34	3,75	3,75	4,4	4,4	4,4

GRAFICO I

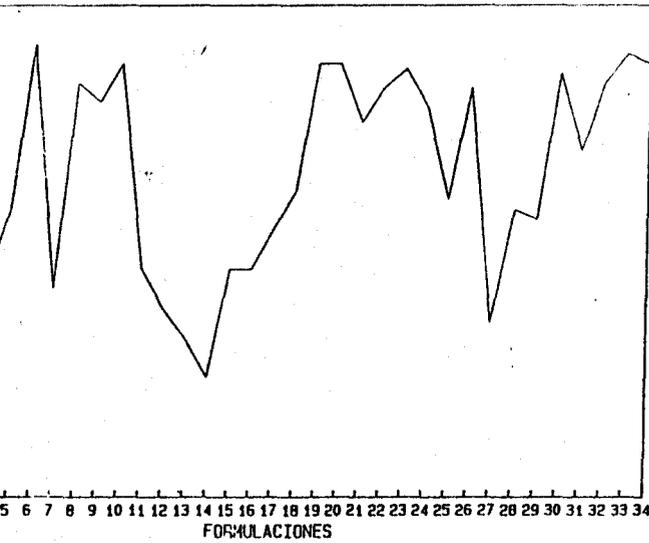
ESTABILIDAD MEDIA 20 oC



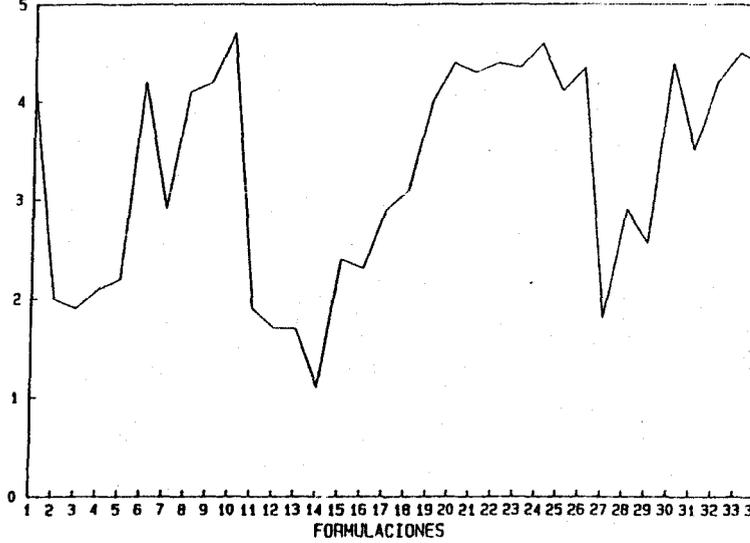
ESTABILIDAD MEDIA 27.5 oC



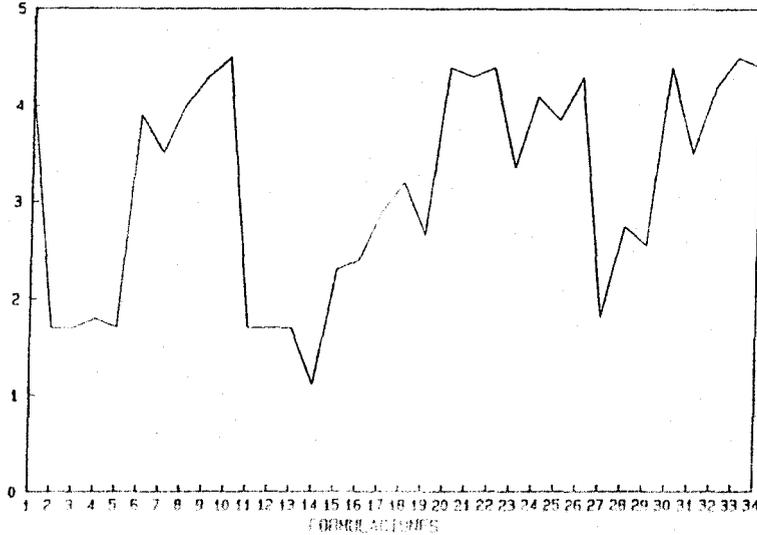
ESTABILIDAD MEDIA 35 oC



ESTABILIDAD MEDIA 50 oC



ESTABILIDAD MEDIA 70 oC



4.3. Variación de la estabilidad con la dureza del agua

En la Tabla VIII y en el Gráfico II, se recogen los datos de estabilidad media de las distintas formulaciones preparadas, en su caso, con STPP de hidratación rápida, y se comparan los valores obtenidos para las distintas durezas.

4.3.1. Formulación sin coadyuvante (F-1)

La formulación F-1 es igualmente estable a cualquiera de las durezas consideradas.

4.3.2. Formulación con 30% de STPP (F-2)

La formulación F-2 pierde estabilidad progresivamente desde 3,5 para 20°F hasta 1,5 para 60°F.

4.3.3. Citrato sódico (F-3 a F-6)

Las formulaciones F-3, F-4 y F-5 pierden estabilidad significativamente a medida que aumenta la dureza del agua; en tanto que en la formulación F-6 disminuye de forma poco significativa con la dureza.

4.3.4. Acido cítrico (F-7 a F-10)

Si bien la formulación F-7 pierde estabilidad al aumentar la dureza, el efecto es poco significativo en las siguientes F-8 a F-10, que mantienen valores altos de estabilidad a cualquier dureza.

.....//.....

4.3.5. Oxalato sódico (F-11 a F-14)

Las formulaciones F-11 y F-12 presentan valores bajos de estabilidad, disminuyendo a medida que aumenta la dureza del agua. Las formulaciones F-13 y F-14 presentan valores muy bajos de estabilidad para cualquier grado de dureza.

4.3.6. Acido oxálico (F-15 a F-18)

La disminución de la estabilidad con la dureza del agua es significativa en todas las formulaciones.

4.3.7. Acido málico (F-19 a F-22)

La estabilidad de estas formulaciones es independiente de la dureza en el intervalo de dureza considerado salvo en la F-19.

4.3.8. Acido tartárico (F-23 a F-26)

Como en el caso anterior, no se observa variación de la estabilidad con el aumento de la dureza salvo en la F-23.

4.3.9. Sal sódica de AEDT (F-27 a F-30)

En las formulaciones F-27 y F-28 se observa una disminución significativa de la estabilidad con la dureza, sobre todo, cuando se consideran los valores extremos 20 y 60°F, respectivamente. En las formulaciones F-29 y F-30 no existe variación de la estabilidad con la dureza del agua. La formulación F-30 presenta, sin embargo, un comportamiento distinto de las restantes.

4.3.10 Acido nitrilotriacético (F-31 a F-34)

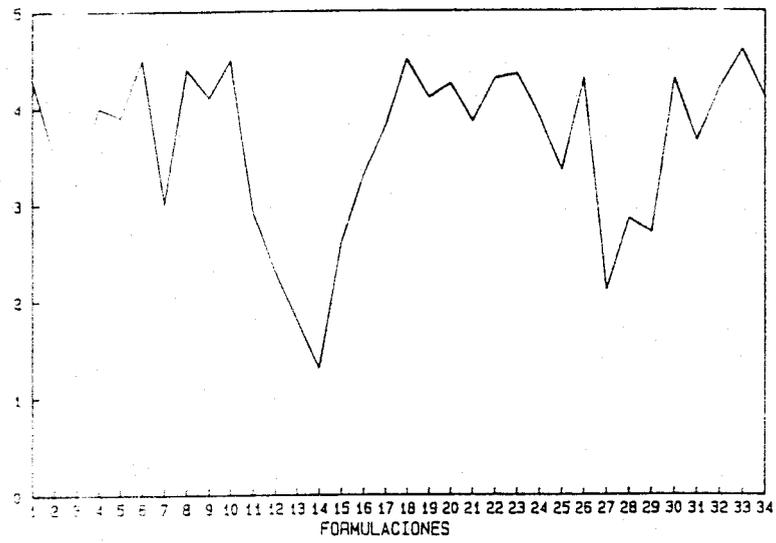
No se observan variaciones significativas de la estabilidad con la dureza.

.....//.....

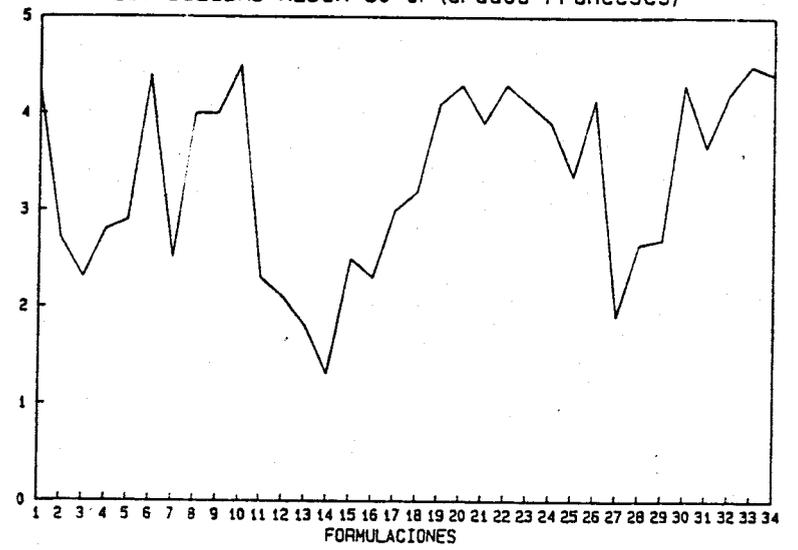
TABLA VIII
 VARIACION DE LA ESTABILIDAD MEDIA
 CON LA DUREZA

	Form/Dureza	20°F	30°F	45°F	60°F
Sin coadyuv.	F- 1	4,3	4,3	4,2	4,2
STPP	F- 2	3,5	2,7	1,7	1,5
Citrato Sódico	F- 3	3,2	2,3	1,5	1,4
	F- 4	4	2,8	1,6	1,5
	F- 5	3,9	2,9	2,6	2,1
	F- 6	4,5	4,4	4,3	4,2
Acido Cítrico	F- 7	3	2,5	2,4	2,2
	F- 8	4,4	4	4,2	4,1
	F- 9	4,1	4	3,8	3,8
	F-10	4,5	4,5	4,4	4,3
Oxalato Sódico	F-11	2,9	2,3	1,9	1,1
	F-12	2,3	2,1	1,5	1,5
	F-13	1,8	1,8	1,5	1,6
	F-14	1,3	1,3	1,1	1,0
Acido Oxálico	F-15	2,6	2,5	2,3	2,1
	F-16	3,3	2,3	2,0	1,4
	F-17	3,8	3,0	2,1	1,7
	F-18	4,5	3,2	2,6	2,2
Acido Málico	F-19	4,1	4,1	4	3,7
	F-20	4,25	4,3	4,35	4,2
	F-21	3,85	3,9	3,9	3,7
	F-22	4,3	4,3	4,15	4,3
Acido Tartárico	F-23	4,35	4,1	3,85	3,8
	F-24	3,9	3,9	3,85	3,8
	F-25	3,35	3,35	3,5	3,2
	F-26	4,3	4,15	4,2	4,1
AEDT	F-27	2,1	1,9	1,6	1,5
	F-28	2,85	2,26	2,3	2,05
	F-29	2,7	2,7	2,7	2,6
	F-30	4,3	4,3	4,3	4,25
NTA	F-31	3,65	3,65	3,45	3,45
	F-32	4,2	4,2	4,0	3,8
	F-33	4,6	4,5	4,5	4,5
	F-34	4,1	4,4	4,2	4,0

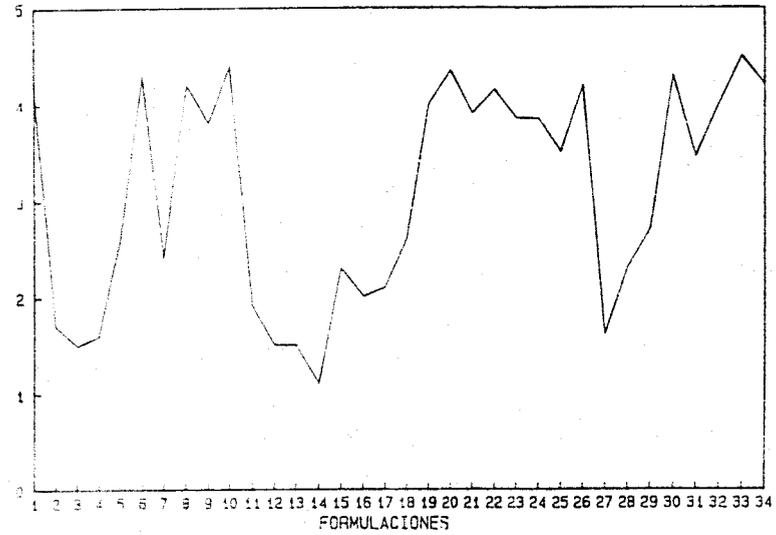
ESTABILIDAD MEDIA 20 oF (Grados Franceses)



ESTABILIDAD MEDIA 30 oF (Grados Franceses)



ESTABILIDAD MEDIA 45 oF (Grados Franceses)



ESTABILIDAD MEDIA 60 oF (Grados Franceses)

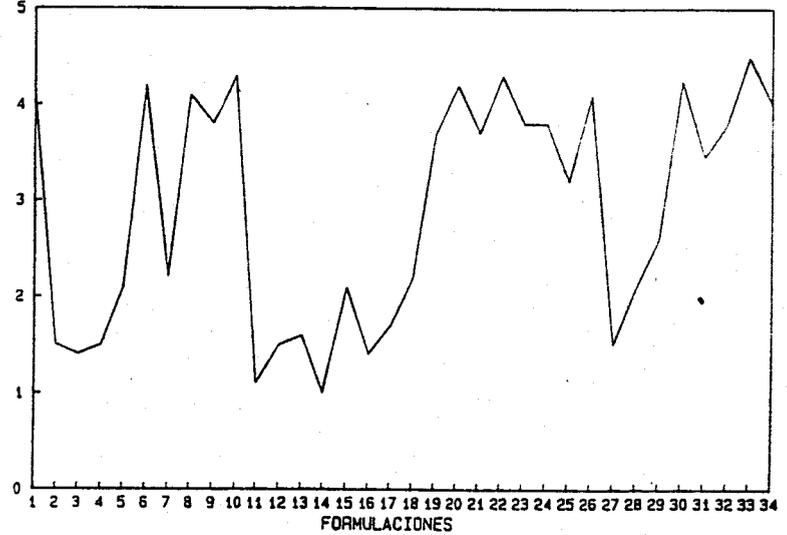


GRAFICO II

4.4. Variación de la estabilidad con la concentración

En la Tabla IX y en el Gráfico III, se recogen los datos de estabilidad media de las distintas formulaciones preparadas con STPP de hidratación rápida, y se comparan los valores obtenidos para las distintas concentraciones.

4.4.1. Formulación con 30% de STPP (F-2)

La estabilidad disminuye con la concentración hasta alcanzar un mínimo en 1,2 ml y vuelve a aumentar para 0,6 ml y 0,3 ml.

4.4.2. Citrato sódico (F-3 a F-6)

Las formulaciones F-3 a F-5 presentan un mínimo de estabilidad para concentraciones intermedias, de forma similar a la formulación F-2.

4.4.3. Restantes formulaciones

Salvo en la formulación F-7, que presenta un mínimo para 2,5 ml, las restantes formulaciones F-1, F-6 y F-8 a F-34, el comportamiento es semejante, aumentando de forma general la estabilidad al disminuir la concentración.

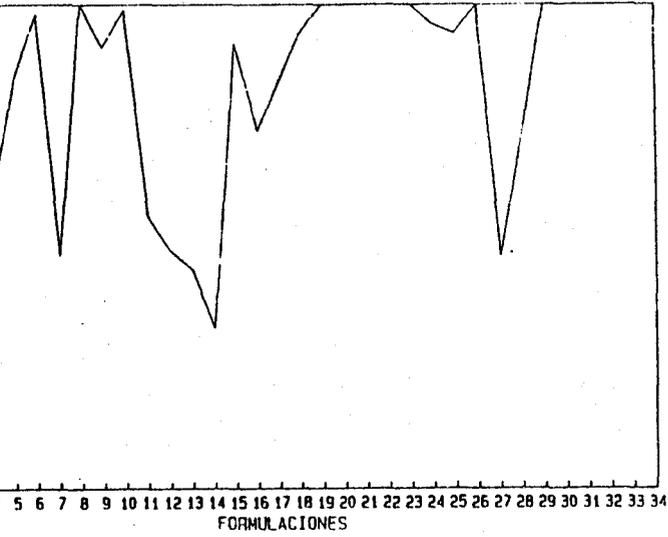
....//....

TABLA IX

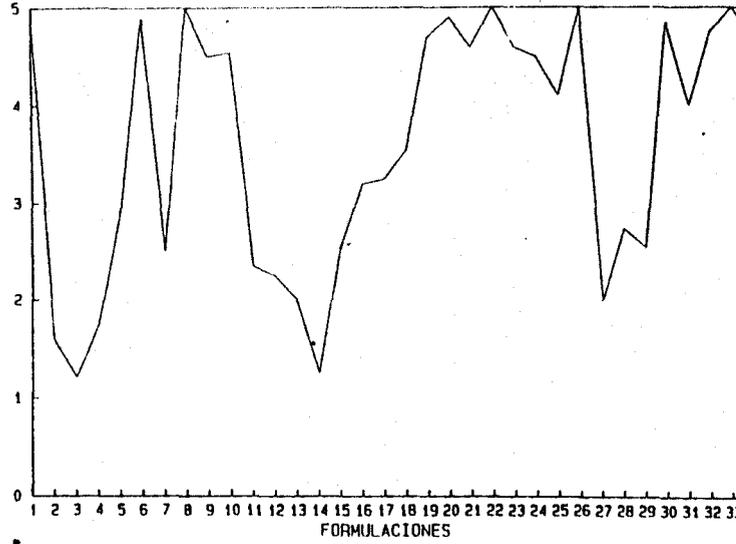
VARIACION DE LA ESTABILIDAD MEDIA
CON LA CONCENTRACION

	Form/Conc.	5ml	2,5ml	1,2ml	0,6ml	0,3ml
Sin coadyuv.	F- 1	3	4	4,15	5	5
STPP	F- 2	3,7	2,7	1,4	1,6	2,35
Citrato Sódico	F- 3	2,9	2,45	1,7	1,2	2,15
	F- 4	3	2,45	2	1,75	3,1
	F- 5	2,5	2,05	2,45	2,9	4,25
	F- 6	3,4	4	4,7	4,9	4,9
Acido Cítrico	F- 7	2,85	2,4	2,7	2,5	2,4
	F- 8	2,75	3,8	4,3	5	5
	F- 9	3	3,7	3,95	4,5	4,55
	F-10	4	4,1	4,6	4,55	4,95
Oxalato Sódico	F-11	1,45	1,85	2	2,35	2,8
	F-12	1,15	1,5	1,8	2,25	2,45
	F-13	1,15	1,1	1,85	2	2,25
	F-14	1	1	1	1,25	1,65
Acido Oxálico	F-15	1	1,6	2,2	2,55	4,6
	F-16	1	1,4	2	3,2	3,7
	F-17	1,45	1,7	2,55	3,25	4,2
	F-18	2,3	2,25	2,8	3,55	4,7
Acido Málico	F-19	2,65	3,1	4,2	4,7	5
	F-20	3	3,8	4,65	4,9	5
	F-21	2,3	3,45	3,9	4,6	5
	F-22	3	3,85	4,4	5	5
Acido Tartárico	F-23	2,85	3,6	4,1	4,6	5
	F-24	2,8	3,25	4,1	4,5	4,8
	F-25	1,8	2,8	3,4	4,1	4,7
	F-26	3	3,55	4,35	5	5
AEDT	F-27	1,15	1,4	1,9	2	2,4
	F-28	2,1	1,9	1,9	2,75	3,7
	F-29	2	2	1,9	2,55	5
	F-30	3	4	4,55	4,85	5
NTA	F-31	1,9	2,9	3,8	4	5
	F-32	3	3,9	4	4,75	5
	F-33	4	4	4,6	5	5
	F-34	3	3,6	3,7	4,65	5

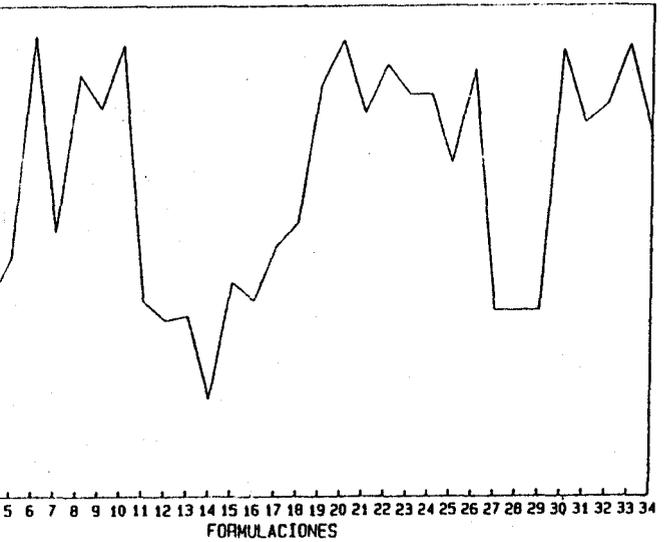
ESTABILIDAD MEDIA CONC. 0.30ml



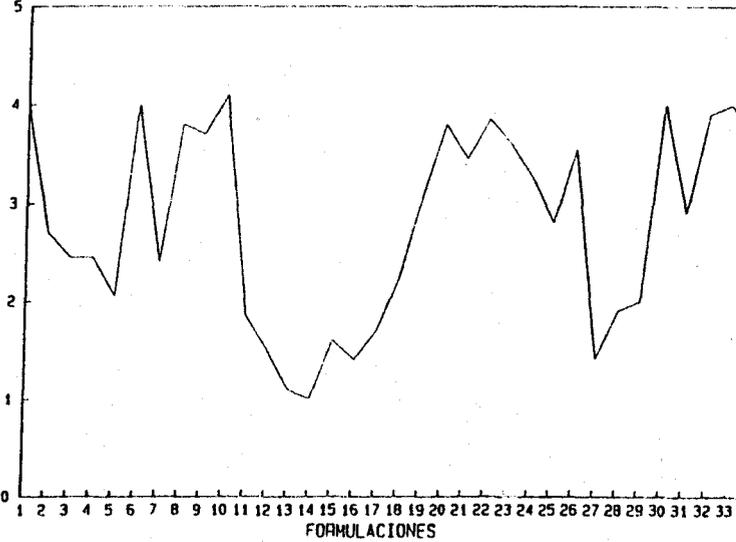
ESTABILIDAD MEDIA CONC. C. 60ml



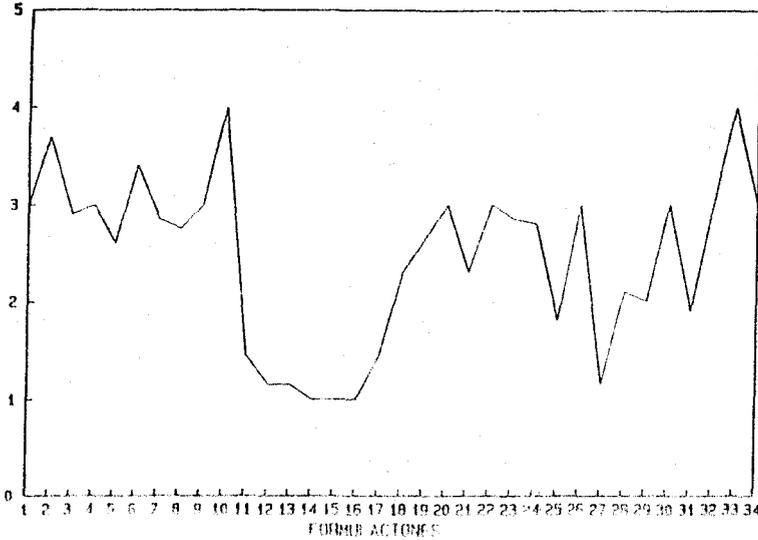
ESTABILIDAD MEDIA CONC. 1.20ml



ESTABILIDAD MEDIA CONC. 2.5ml



ESTABILIDAD MEDIA CONC. 5ml



4.5. Variación de la estabilidad con el contenido en STPP de la formulación.

Para cada dureza, se comparan entre sí los valores obtenidos en las 34 formulaciones.

4.5.1. Citrato sódico (F-3 a F-6)

En las formulaciones con citrato sódico, para cualquiera de las durezas estudiadas, se va produciendo un incremento de estabilidad a medida que el STPP va siendo sustituido por el citrato sódico, siendo la formulación que sólo contiene citrato sódico (F-6) la más estable y la que presenta mayor homogeneidad de valores frente a la dureza.

4.5.2. Acido cítrico (F-7 a F-10)

De estas formulaciones destaca por su baja estabilidad la F-7; en tanto que las formulaciones con 15% o más de ácido cítrico presentan estabilidades altas y con valores bastante homogéneos frente a la dureza, siendo la F-10 la que presenta mayor estabilidad.

4.5.3. Oxalato sódico (F-11 a F-14)

De estas formulaciones, para cualquier dureza, se observa, en general, un descenso de estabilidad a medida que el STPP va siendo sustituido por el oxalato sódico.

.....//.....

4.5.4. Acido oxálico (F-15 a F-18)

El comportamiento es el contrario al descrito para el oxalato sódico, aumentando la estabilidad a medida que el STPP va siendo sustituido por el ácido oxálico; si bien hay que destacar que a durezas altas, 45 y 60°F , este efecto es poco pronunciado, manteniéndose la estabilidad en valores bajos con diferencias poco significativas.

4.5.5. Acido málico (F-19 a F-22)

No se observan diferencias significativas en las formulaciones, pudiendo afirmarse que el valor medio de estabilidad se mantiene en torno a 4.

4.5.6. Acido tartárico (F-23 a F-26)

En este caso, se observa una disminución de la estabilidad a medida que el STPP va siendo sustituido por el ácido tartárico, hasta alcanzar un mínimo para la formulación F-25, y volver a aumentar en la formulación F-26 que sólo contiene ácido tartárico.

4.5.7. Sal sódica de AEDT (F-27 a F-30)

Se observa un aumento de la estabilidad a medida que el STPP va siendo sustituido por AEDT. Hay que destacar en este caso, una diferencia significativa de estabilidad entre las formulaciones que contienen STPP y la F-30 que sólo contiene AEDT.

...//...

4.5.8. Acido nitrilotriacético (F-31 a F-34)

La estabilidad aumenta con el aumento del contenido en NTA para alcanzar un máximo en la formulación F-33 y disminuir ligeramente en la F-34 que sólo contiene NTA.

...//...

4.6. Estabilidad global

Los datos se recogen en la Tabla X y en el Gráfico IV.

De estos datos se desprende una mayor estabilidad manifiesta de las formulaciones que siguen:

- 1)- Aquellas formulaciones que contienen 30% de citrato sódico o de la sal sódica de AEDT (F-6 y F-30).

- 2)- En general de aquéllas formulaciones que contienen sólo o mezclado con STPP, a los siguientes coadyuvantes:
 - Acido cítrico: sólo o sustituyendo al STPP al 15 y 22,5%.
 - Acido málico : sólo o mezclado con STPP en cualquier proporción.
 - Acido tartárico : sólo o sustituyendo al STPP 7,5 y 15%.
 - NTA : sólo o sustituyendo al STPP al 15 y 22,5%.

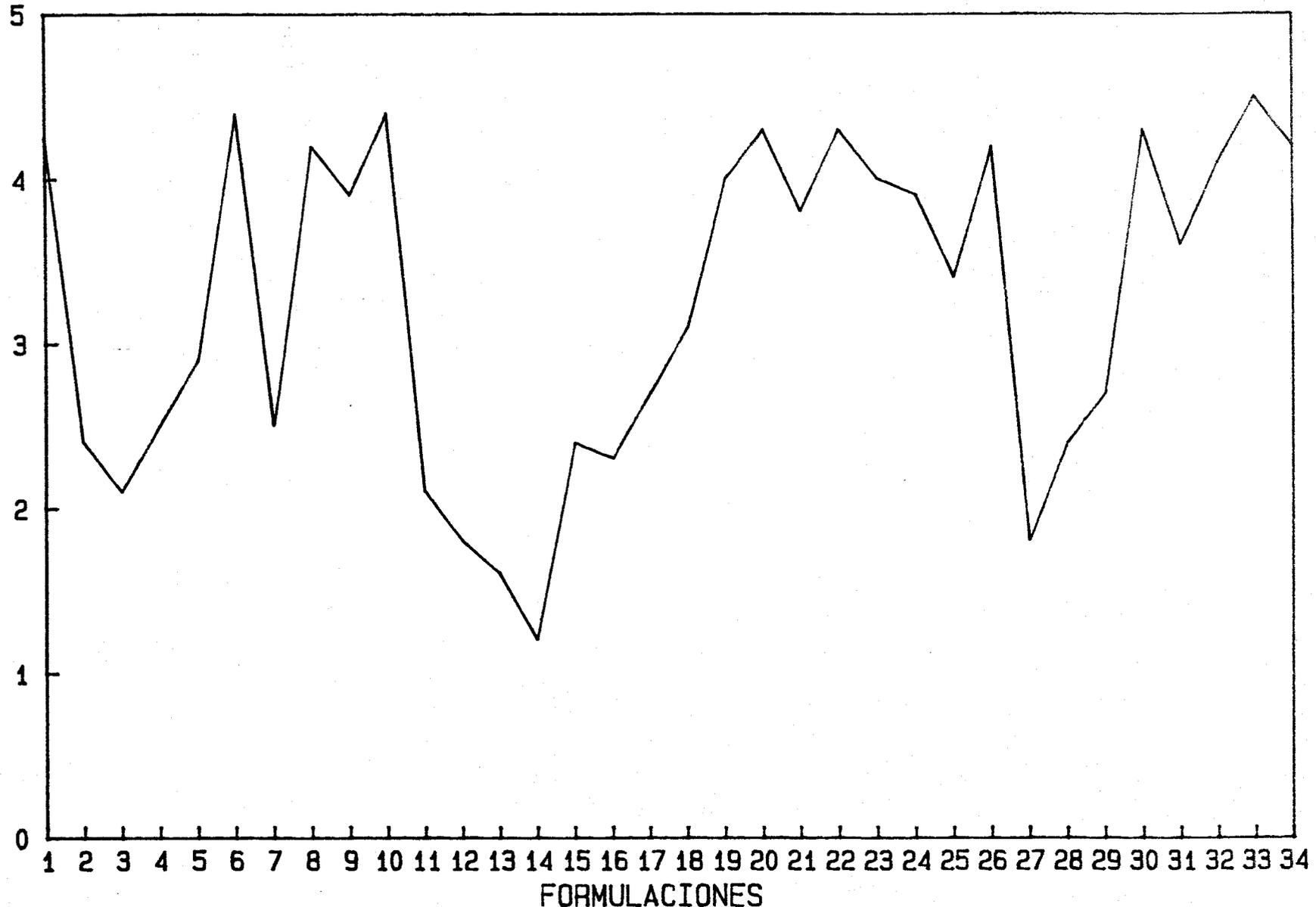
...//...

TABLA X
ESTABILIDAD GLOBAL

Formulación	Estabilidad
Sin coadyuv. F- 1	4,25
STPP F- 2	2,4
Citrato F- 3	2,1
Sódico F- 4	2,5
F- 5	2,9
F- 6	4,4
Acido F- 7	2,5
Cítrico F- 8	4,2
F- 9	3,9
F-10	4,4
Oxalato F-11	2,1
Sódico F-12	1,8
F-13	1,6
F-14	1,2
Acido F-15	2,4
Oxálico F-16	2,3
F-17	2,7
F-18	3,1
Acido F-19	4,0
Málico F-20	4,3
F-21	3,8
F-22	4,3
Acido F-23	4,0
Tartárico F-24	3,9
F-25	3,4
F-26	4,2
AEEDT F-27	1,8
F-28	2,4
F-29	2,7
F-30	4,3
NTA F-31	3,6
F-32	4,1
F-33	4,5
F-34	4,2

GRAFICO IV

ESTABILIDAD GLOBAL MEDIA



5. ESTUDIO SOBRE EFICACIA DETERSIVA

5.1. Resultados experimentales.

5.2. Estudio estadístico de los resultados.

5.3. Consideraciones.

5.1. Resultados experimentales

En la Tabla XI y en Gráfico V, se recogen las medias de incremento de reflectancia para cada una de las formulaciones. Los datos completos de las experiencias figuran en la Tabla A-37 del Anexo.

5.2. Estudio estadístico de los resultados

De acuerdo con los datos obtenidos, se ha realizado una distribución de las formulaciones por poblaciones o grupos equivalentes. Esta distribución, con las formulaciones ordenadas en orden decreciente de acuerdo con sus valores correspondientes de incremento de reflectancia, es la que figura en la Tabla XII.

El estudio estadístico se ha realizado pues, para cada uno de los grupos así distribuidos.

Para contrastar la hipótesis nula de que todas las medias son iguales, se compara la suma de cuadrados de tratamiento $SS(T_r)$ con la suma error de cuadrados SSE , mediante el estadígrafo F de Fisher. Para realizar esta comparación, se construye la tabla de análisis de varianza (ANOVA).

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F
Tratamientos	$k - 1$	$SS(T_r)$	$MS(T_r) = \frac{SS(T_r)}{k - 1}$	$\frac{MS(T_r)}{MSE}$
Error	$k(n - 1)$	SSE	$MSE = \frac{SSE}{k(n - 1)}$	
Total	$nk - 1$	SST		

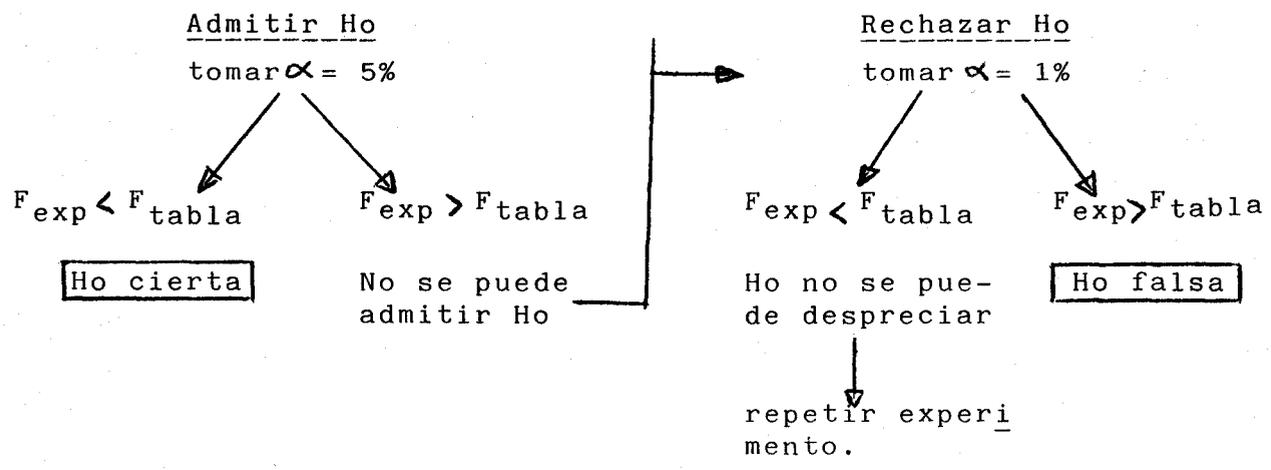
k = número de muestras

n = tamaño de las muestras

...//...

Por último, el contraste de significación se efectúa comparando el valor F_{exp} con el valor F dado por las tablas (donde α = valor del nivel de significación), (66).

De acuerdo con la bibliografía (67), el criterio para realizar la admisión o rechazo de la hipótesis nula es el expresado en el diagrama de flujo siguiente:



Finalmente, cuando la hipótesis nula H_0 se puede rechazar se aplica el test de comparaciones múltiples de Duncan, tal como se describe en el capítulo 3 y en la ref. 68.

En el apartado 5.2.1. se detallan los cálculos para el grupo 1 de formulaciones.

...//...

5.2.1. Grupo 1TABLA DE ANOVA

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Media de cuadrados	F _{exp}
Tratamiento	13	59,22	4,55	10,8
Error	70	29,53	0,422	

El valor tabular es $F_{13,70} = 1,87$ para $\alpha = 5\%$ puesto que:

$$F_{\text{exp}} > F_{\text{tabla}}$$

la hipótesis nula no puede ser admitida.

A continuación se estima la posibilidad de despreciar la hipótesis:

El valor tabular es $F_{13,70} = 2,42$ para $\alpha = 1\%$.

Dado que $F_{\text{exp}} > F_{\text{tabla}}$, la hipótesis nula puede ser despreciada con un nivel de significación del 1% (grado de confianza del 99%): las medias de las formulaciones del Grupo 1 no son iguales.

Para hallar la mínima diferencia significativa (M.D.S.) entre formulaciones, se aplica el test de Duncan, resultando:

$$\text{M.D.S.} = 0,84$$

=====

De las 14 formulaciones que constituyen el Grupo 1, pueden considerarse distintas entre sí, aquellas formulaciones cuya media difiera en más de 0,84 unidades de incremento de reflectancia.

...//...

5.2.2. Grupo 2

Una vez efectuados los cálculos, resulta que: las medias de las formulaciones del Grupo 2 son distintas y que la mínima diferencia significativa entre formulaciones es:

$$\text{M.D.S.} = 1,03$$

=====

5.2.3. Grupo 3

Las medias de las formulaciones del Grupo 3 son iguales.

5.2.4. Grupo 4

Las medias de las formulaciones del Grupo 4 no son iguales, y la mínima diferencia significativa entre formulaciones es :

$$\text{M.D.S.} = 0,94$$

=====

...//...

5.3. Consideraciones

En la Tabla XIII se han distribuido las formulaciones en función del contenido en STPP.

TABLA XIII

	STPP 22,5 <u>resto 7,5</u>	STPP 15 <u>resto 15</u>	STPP 7,5 <u>resto 22,5</u>	0% <u>30%</u>
Citrato sódico	31.01	30.74	30.14	31.02
Acido cítrico	28.32	21.81	17.91	22.49
Oxalato Sódico	27.60	27.77	27.81	31.60
Acido Oxálico	30.21	27.45	27.12	25.26
Acido Málico	29.79	28.48	21.38	24.76
Acido Tartárico	29.88	25.11	22.79	25.00
AEDT	31.82	31.73	30.31	29.00
NTA	31.81	28.83	25.12	22.67

5.3.1. Mezclas STPP/Coadyuvante

- Los mejores resultados se obtienen con mezclas de STPP/Citrato sódico y STPP/AEDT.

- Los peores resultados corresponden a las mezclas STPP/Acido cítrico.

- En general, las mejores combinaciones son las que contienen 22,5% de STPP y 7,5% de otro coadyuvante.

...//...

5.3.2. Restantes coadyuvantes solos

- Los mejores resultados se consiguen con las sales sódicas: citrato, oxalato, AEDT y STPP.

- Los peores resultados corresponden al ácido cítrico y al NTA.

TABLA XI
DETERGENCIA

	Formulación	Δ R
Sin coadyuv.	F- 1	27,27
STPP	F- 2	31,21
Cittrato Sódico	F- 3	31,01
	F- 4	30,74
	F- 5	30,14
	F- 6	31,02
Acido Cítrico	F- 7	28,32
	F- 8	21,81
	F- 9	17,91
	F-10	22,49
Oxalato Sódico	F-11	27,60
	F-12	27,77
	F-13	27,81
	F-14	31,60
Acido Oxálico	F-15	30,21
	F-16	27,45
	F-17	27,12
	F-18	25,26
Acido Málico	F-19	29,79
	F-20	28,48
	F-21	21,38
	F-22	24,76
Acido Tartárico	F-23	29,88
	F-24	25,11
	F-25	22,79
	F-26	25,00
AEDT	F-27	31,82
	F-28	31,73
	F-29	30,31
	F-30	29,00
NTA	F-31	31,81
	F-32	28,83
	F-33	25,12
	F-34	22,67

EFICACIA DETERSIVA vs ALGODON

Conc. 6 grs/L - Temp 60 oC - 300 ppm CaCO3

INCREMENTO REFLECTANCIA

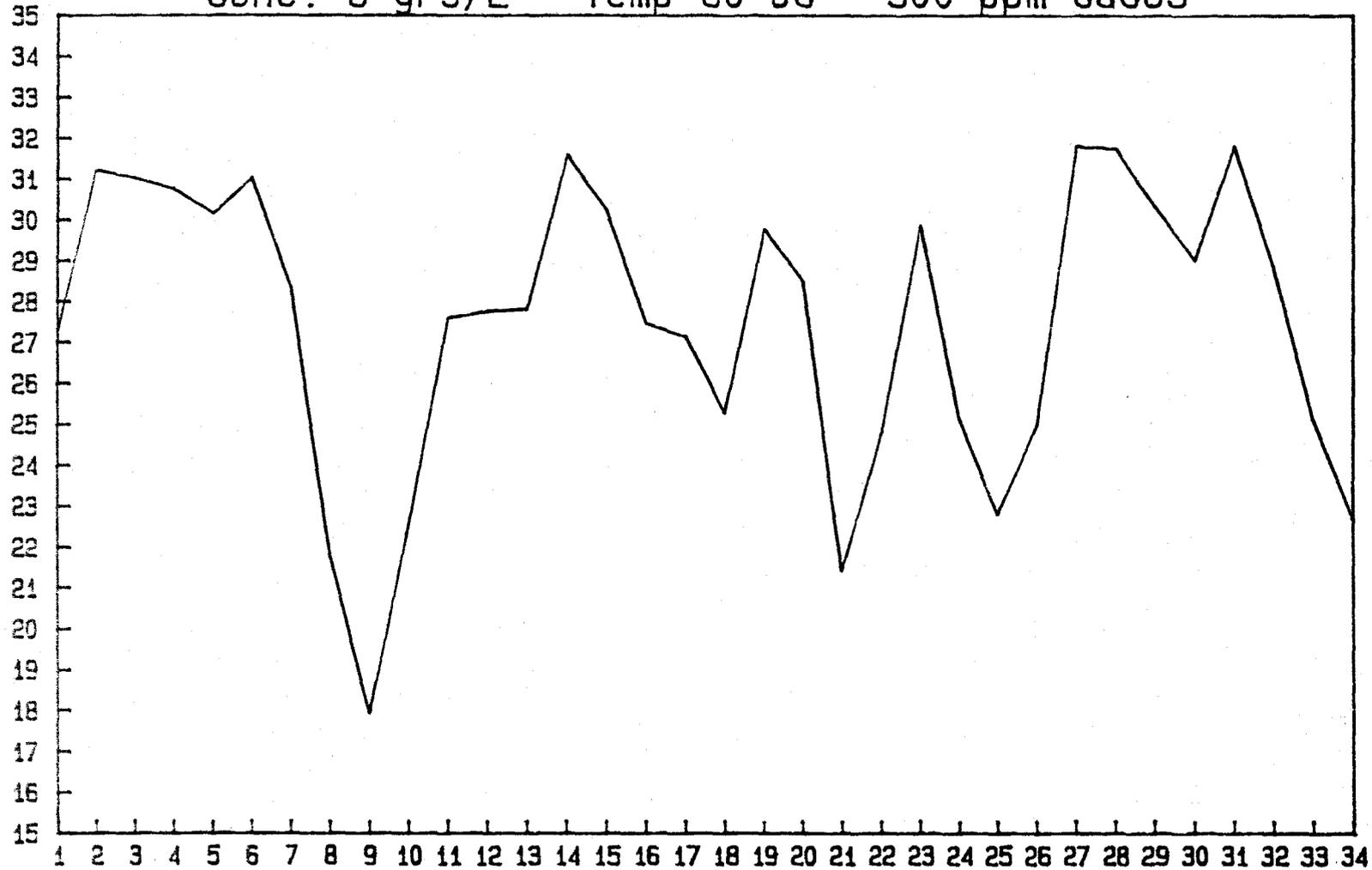


GRAFICO V

FORMULACIONES

TABLA XII

<u>GRUPO 1</u>	
F-27	31,82
F-31	31,81
F-28	31,74
F-14	31,60
F-2	31,21
F-6	31,02
F-3	31,01
F-4	30,74
F-29	30,31
F-15	30,21
F-5	30,15
F-23	29,88
F-19	29,80
F-30	29,00

<u>GRUPO 2</u>	
F-32	28,82
F-20	28,48
F-7	28,31
F-13	27,81
F-12	27,77
F-11	27,60
F-16	27,45
F-1	27,27
F-17	27,11

<u>GRUPO 3</u>	
F-18	25,26
F-33	25,12
F-24	25,11
F-26	25,00
F-22	24,76

<u>GRUPO 4</u>	
F-25	22,79
F-34	22,67
F-10	22,49
F-8	21,76
F-21	21,37

GRUPO 5

F-9 17,91

6. DISCUSION DE LOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

6.1. Estabilidad frente al agua dura.

6.1.1. Formulación sin coadyuvante.

6.1.2. Formulación F-2

6.1.3. Formulaciones F-3 a F-34

6.2. Eficacia deterativa.

6.1. Estabilidad frente al agua dura

6.1.1. Formulación sin coadyuvante

Con objeto de conocer como se modifican los valores de estabilidad y como influye la incorporación de los distintos componentes de la formulación completa, se ha estudiado el comportamiento de las siguientes formulaciones:

Formulación A : compuesta por LAS-Na en concentración de 3 g/L en agua, semejante a la que tiene en la formulación detergente.

Formulación B : compuesta por LAS, no iónico y jabón en agua, en concentraciones idénticas a las que tienen en las formulaciones detergentes.

Los resultados obtenidos con las citadas formulaciones son los indicados en las Tablas A-38 y A-39 del Anexo.

Las estabilidades medias se presentan en la Tabla XIV.

...//...

TABLA XIV

Estabilidad media frente a la temperatura

	<u>20°C</u>	<u>27,5°C</u>	<u>35°C</u>	<u>50°C</u>	<u>70°C</u>
Formulación A	4	4	4,05	4,06	4,15
Formulación B	4,75	4,65	4,65	4,7	4,8

Estabilidad media frente a la dureza

	<u>20°F</u>	<u>30°F</u>	<u>45°F</u>	<u>60°F</u>
Formulación A	4,12	4,04	4	4
Formulación B	4,92	4,8	4,56	4,56

Estabilidad media frente a la concentración

	<u>5 ml</u>	<u>2,5 ml</u>	<u>1,2 ml</u>	<u>0,6 ml</u>	<u>0,3 ml</u>
Formulación A	2,8	3,1	4,35	5	5
Formulación B	4,2	4,7	4,7	5	5

Estabilidad global

Formulación A	:	4,04
Formulación B	:	4,71

...//...

Se puede recurrir para entender el comportamiento de la formulación A frente a la dureza del agua al diagrama de precipitación LAS-Calcio (5, 92, 93) que recoge la Fig. 1.

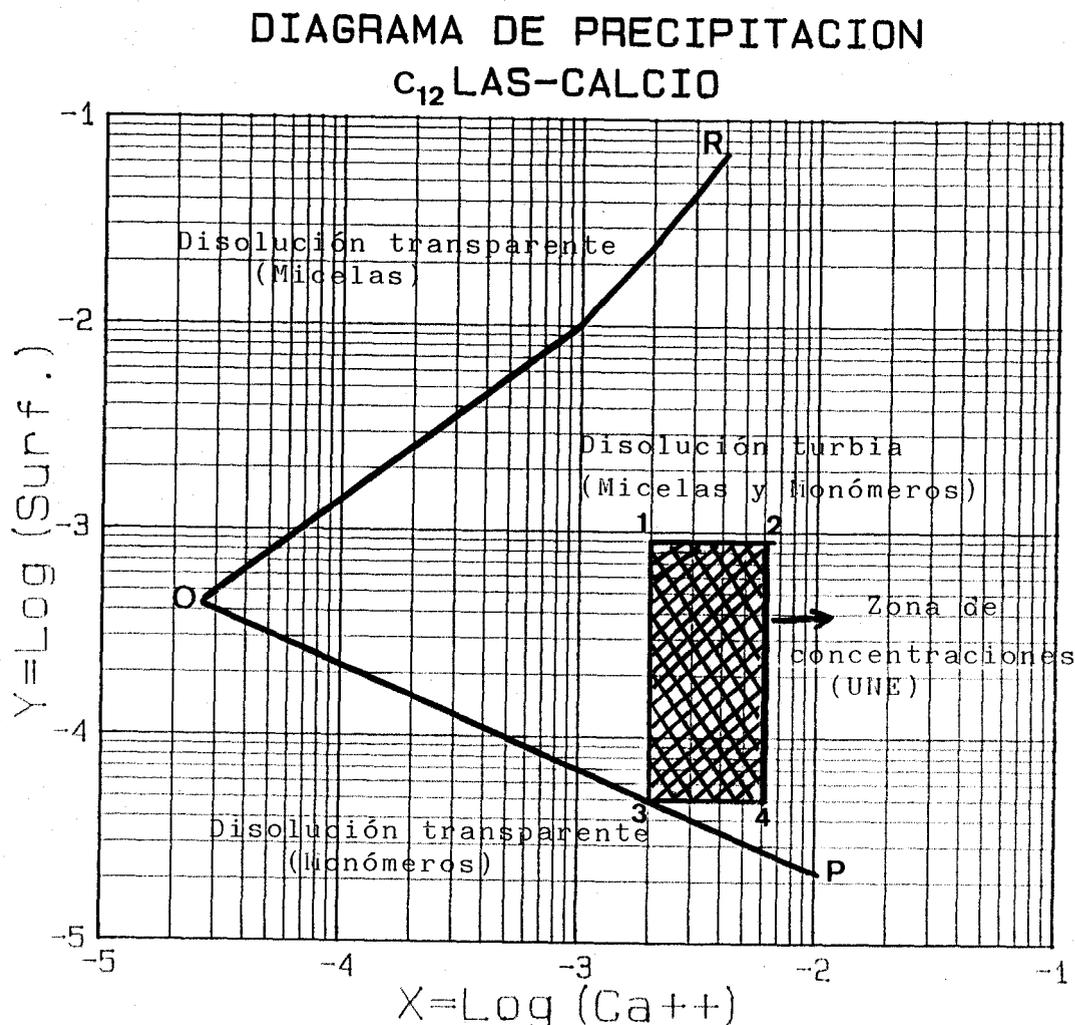


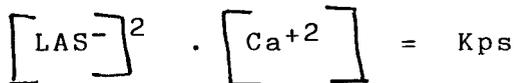
FIG.1

Este diagrama es en realidad un diagrama de fases cuyos límites son las líneas OP y OR.

A grandes rasgos, el método de obtención de las líneas límite consiste en preparar una serie de soluciones con distinta concentración de LAS y Calcio y medir la turbidez de las mismas utilizando un Laser de Helio-Neón de 0,5 mW de potencia. El Laser delimita perfectamente si la solución preparada está turbia o transparente, siendo precisamente este límite el que conforma las líneas citadas OP y OR.

...//...

La línea OP es el lugar de los puntos cuyas coordenadas corresponden a las concentraciones de LAS y Calcio que satisfacen la ecuación:



Para concentraciones de LAS por debajo de la línea OP, no se ha alcanzado el producto de solubilidad de la sal LAS₂Ca y la disolución es transparente.

La línea OR es el lugar de los puntos cuyas coordenadas corresponden al límite de saturación de las micelas de LAS por los iones calcio.

Para concentraciones de LAS por encima de la línea OR, hay suficientes micelas para secuestrar todo el calcio y la disolución es transparente.

El vértice O corresponde aproximadamente a la concentración micelar crítica, por encima de la cual coexisten monómeros y micelas.

Finalmente, la zona comprendida entre ambas rectas OP y OR, corresponde a la zona de precipitación y la disolución es turbia. Sobre este último punto, hay que hacer una observación importante: disoluciones aparentemente claras aplicando el método descrito en la norma UNE, se revelan turbias aplicando la técnica del Laser.

Con objeto de interpretar los resultados obtenidos con la formulación A, se ha representado en la Fig. 1, la zona de concentraciones de LAS y Calcio correspondiente a la norma UNE de ensayo de estabilidad frente al agua dura.

Dentro de la zona de precipitación, el precipitado más abundante y por tanto la menor estabilidad la agua dura corresponde a los puntos situados cuanto más a la derecha y cuanto más hacia arriba en el diagrama.

...//...

Ejemplo:

En la Fig. 1, la turbidez de las disoluciones aumenta en el sentido horizontal desde el punto 1 hacia el 2 y en el sentido vertical desde el punto 3 hacia el 1.

- Los resultados experimentales de la formulación A correspondientes a la variación de la estabilidad media frente a la concentración (Tabla XIV) indican un aumento de la estabilidad media con la disminución de la concentración, y en el diagrama de la Fig. 1 pueden ser interpretados a través de un desplazamiento vertical desde la línea 1-2 hacia la línea 3-4.

- Los resultados experimentales de la formulación A correspondientes a la variación de la estabilidad media frente a la dureza (Tabla XIV) indican una disminución de la estabilidad media con el aumento de la dureza, y en el diagrama de la Fig.1 pueden ser interpretados a través de un desplazamiento horizontal desde la línea 1-3 hacia la línea 2-4.

En ambos casos, queda confirmada la teoría anteriormente expuesta.

La presencia de diversos factores como pueden ser electrolitos, otros ingredientes tensioactivos, etc; modifican significativamente el diagrama fundamental.

...//...

...//...

Por otra parte, una posible interpretación al aumento de estabilidad al pasar de la formulación A a la formulación B, puede estar en el sinergismo de la mezcla ternaria de activos LAS/NI/JABON. Como indican los excelentes trabajos de MATHESON (ref.5), el no iónico actúa como agente promotor de micelas, mejorando el comportamiento del LAS frente al calcio por las razones siguientes:

- La concentración de LAS en forma de monómero es reducida debido a su incorporación a las micelas. Hay pues menos monómeros libres para reaccionar con el calcio.
- También es reducida la concentración de calcio a través del secuestro de éste por adsorción sobre la superficie de las micelas.
- Finalmente, se produce un fenómeno de micelización mixta LAS/NI/JABON.

Finalmente, si se comparan los resultados de estabilidad de la mezcla ternaria de activos (B) con la formulación sin coadyuvante (F-1), se observa una ligera disminución de los valores de estabilidad que pueden deberse fundamentalmente a la incorporación en la formulación F-1, de sales de sodio como: silicato sódico, sulfato sódico, así como la carboximetilcelulosa, que aumentan la concentración total de sólidos, incidiendo negativamente sobre la transparencia de la disolución detergente.

Esta poca transparencia de la disolución madre tiene un efecto negativo, aunque de importancia secundaria, a la hora de realizar el ensayo de estabilidad.

...//...

6.1.2. Formulación F-2

Se estudia en primer lugar, la estabilidad de una formulación (F-C), constituida únicamente por 15 g/L de STPP, es decir, la misma concentración que la que tiene en la formulación completa F-2, cuyos valores de estabilidad figuran en la Tabla A-40 del Anexo y cuyas estabilidades medias son:

Estabilidad frente a la temperatura

	<u>20°C</u>	<u>27,5°C</u>	<u>35°C</u>	<u>50°C</u>	<u>70°C</u>
Formulación C	3,15	3,15	2,8	2,5	2,25

Estabilidad frente a la dureza

	<u>20°F</u>	<u>30°F</u>	<u>45°F</u>	<u>60°F</u>
Formulación C	4,2	3,12	2,36	1,4

Estabilidad frente a la concentración

	<u>5ml</u>	<u>2,5 ml</u>	<u>1,2 ml</u>	<u>0,6 ml</u>	<u>0,3 ml</u>
Formulación C	4,25	3,1	2,2	2,1	2,2

Estabilidad global : 2,77

Estos datos explican la baja estabilidad de la formulación F-2, y justifican por qué la incorporación de STPP a la formulación F-1 disminuye sensiblemente la estabilidad de -- aquélla.

El comportamiento aparentemente anómalo del STPP puede ser interpretado a través de los datos de la Tabla XV.

En efecto, se sabe (8), (11), (13), (18) que:

- Para una relación de concentraciones molares $\text{CALCIO/STPP} > 1$, tiene lugar el secuestro del calcio por formación de sales insolubles del tipo $\text{Ca}_5(\text{P}_3\text{O}_{10})_2$.

...//...

- Para $\text{CALCIO/STPP} < 1$, el calcio es secuestrado en forma de complejo soluble, generalmente del tipo 1:1.

Este fenómeno no tiene lugar en el caso de otros coadyuvantes, por tanto, la menor estabilidad de la disolución que contiene STPP es debida a la formación de fosfatos insolubles de calcio.

Debe quedar patente que esta interpretación en modo alguno contradice el hecho bien conocido y avalado por la bibliografía consultada, del alto poder secuestrante del STPP. Téngase en cuenta que el STPP, además de actuar como agente quelatante cuando está en exceso, actúa como agente precipitante cuando se encuentra en defecto, siendo pues su acción de ablandamiento del agua doblemente eficaz.

TABLA XV

RELACION DE CONCENTRACIONES MOLARES CALCIO/COADYUVANTE EN LOS TUBOS DE ENSAYO, SEGUN NORMA UNE, PARA LA FORMULACION F-2.

<u>Conc/dureza</u>	<u>20°F</u>	<u>30°F</u>	<u>45°F</u>	<u>60°F</u>
5 ml	0,49	0,74	1,1	1,48
2,5 ml	0,98	1,47	2,2	2,94
1,2 ml	2,04	3,06	4,6	6,12
0,6 ml	4,08	6,12	9,2	12,24
0,3 ml	9,16	12,24	18,4	24,48

...//...

6.1.3. Formulaciones F-3 a F-34

La discusión de los resultados puede realizarse haciendo una división previa de los coadyuvantes en dos grupos:

- El primer grupo corresponde a las sales: citrato sódico, oxalato sódico y AEDT.
- El segundo grupo esta constituido por los ácidos: cítrico, oxálico, málico, tartárico y NTA.

6.1.3.1. En las mezclas STPP/Citrato sódico y STPP/AEDT, es determinante la acción del STPP como agente precipitante sobre los valores de estabilidad.

Las formulaciones F-6 y F-30 que sólo contienen citrato sódico y AEDT confirman que en ausencia de STPP, el citrato sódico y el AEDT actúan como agentes quelatantes, desapareciendo los precipitados cálcicos del STPP.

En las mezclas STPP/Oxalato sódico, hay que tener en cuenta la combinación de dos factores. Tanto el STPP como el anión oxalato actúan como agentes precipitantes, siendo justificables los bajos valores de estabilidad por la formación de precipitados de oxalato y fosfato cálcicos.

6.1.3.2. Al realizar el estudio de los ácidos como coadyuvantes, hay que distinguir un hecho básico:

...//...

En las mezclas STPP/Coadyuvante, para el mismo contenido en STPP, se observa una mayor estabilidad de las formulaciones que incorporan ácido frente a las que tienen sal sódica.

Este hecho observado, puede ser consecuencia del efecto del pH, al incorporar el ácido a la formulación. Esta relación pH-estabilidad parece quedar confirmada por los resultados experimentales de medida de pH representados en la Tabla XVI y Gráfico VI.

La interpretación más plausible a la antedicha relación pH-estabilidad puede estar en la drástica disminución del poder secuestrante del STPP al disminuir el pH como indican los datos recogidos de la referencia 4:

t = 25°C:

pH	8	9	10	11	12
g Ca	3,9	7,1	7,5	7,4	7,0

100 g STPP

En cualquier caso, en las mezclas STPP/Coadyuvante, existe competencia entre ambos coadyuvantes para el secuestro de Calcio :

A pH bajos, la actuación del STPP como agente secuestrante en sus dos facetas (quelatante y precipitante) es inhibida, siendo en este caso preponderante la acción del coadyuvante ácido.

La desaparición de los precipitados de fosfatos cálcicos queda, de esta manera, justificada, así como la mayor estabilidad de las disoluciones a pH bajos. Esta interpretación es también aplicable al anión oxalato, si bien la influencia del pH sobre su acción precipitante es menos pronunciada que para el STPP.

...//...

6.1.3.3. Al considerar las formulaciones con 30% de cual
quiera de los coadyuvantes estudiados, si se com
paran los datos de la formulación F-1 con los de las for
mulaciones F-2, F-6, F-10, F-14, F-18, F-22, F-26, F-30 y
F-34, puede afirmarse que, en general, la incorporación de
coadyuvante, tiene un efecto poco pronunciado aunque posi-
tivo, en todos los casos, con excepción del STPP, del oxá
lico y del oxalato.

...//...

TABLA XVI

Formulación		pH al 1% y 20°C
Sin coadyuv.	F- 1	9,9
STPP	F- 2	8,7
Citrato Sódico	F- 3	9,1
	F- 4	9,9
	F- 5	9,9
	F- 6	10,9
Acido Cítrico	F- 7	6,3
	F- 8	4,6
	F- 9	3,6
	F-10	3,1
Oxalato Sódico	F-11	9,7
	F-12	9,9
	F-13	10,6
	F-14	10,3
Acido Oxálico	F-15	6,0
	F-16	3,3
	F-17	2,7
	F-18	2,4
Acido Málico	F-19	6,1
	F-20	4,3
	F-21	3,6
	F-22	3,2
Acido Tartárico	F-23	6,2
	F-24	4,0
	F-25	3,3
	F-26	3,0
AEDT	F-27	8,1
	F-28	8,4
	F-29	7,6
	F-30	6,3
NTA	F-31	7,5
	F-32	4,2
	F-33	3,1
	F-34	2,9

pH al 1% y 20 oC

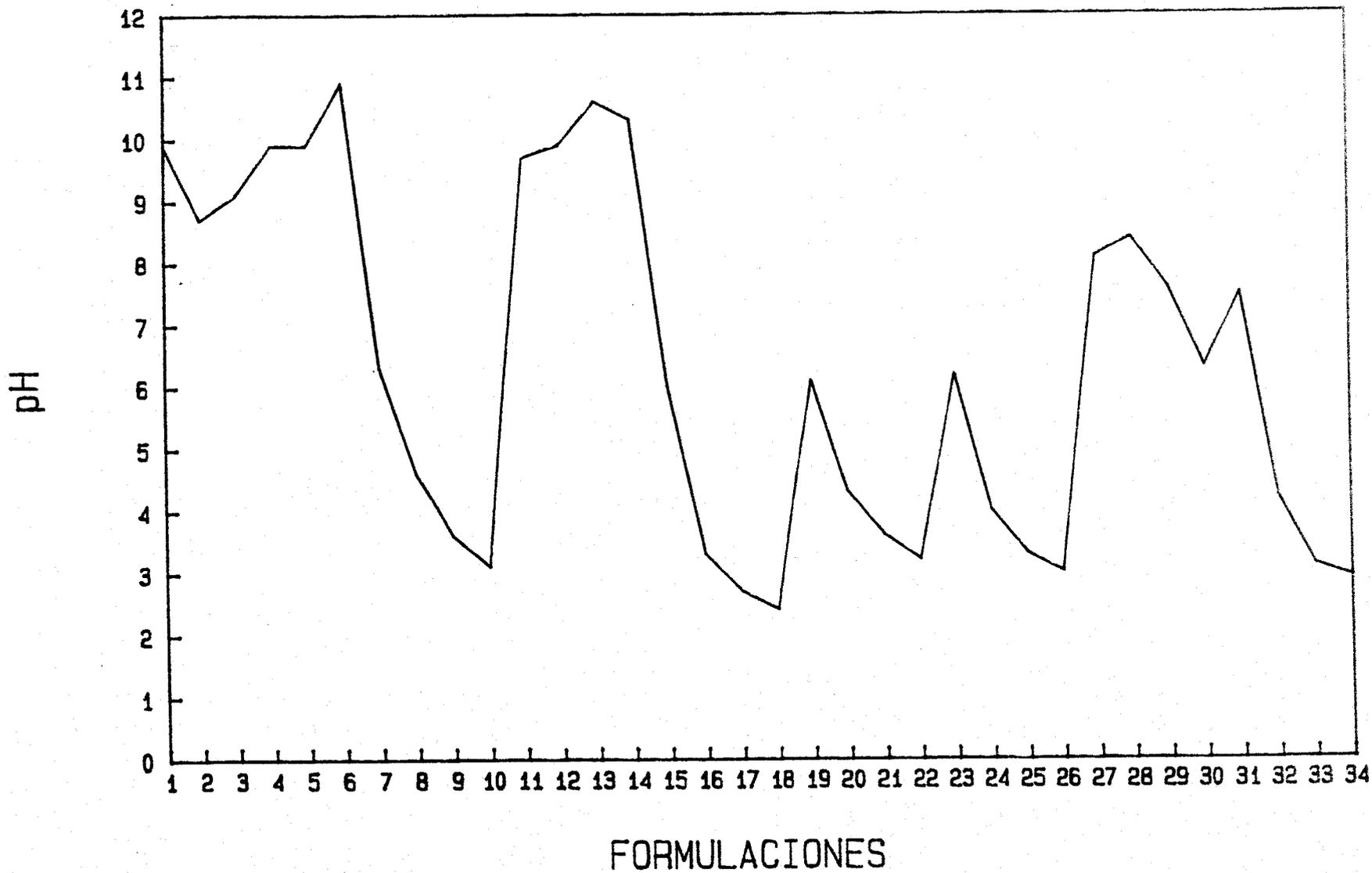


GRAFICO VI

6.2. Eficacia deterativa

Como queda puesto de manifiesto en el Gráfico VII, donde se ha representado por la línea continua la eficacia deterativa, y por la línea de trazos el pH de la disolución, en general, existe una fuerte influencia del pH sobre la eficacia deterativa, resultando ésta mayor cuanto más alto el pH.

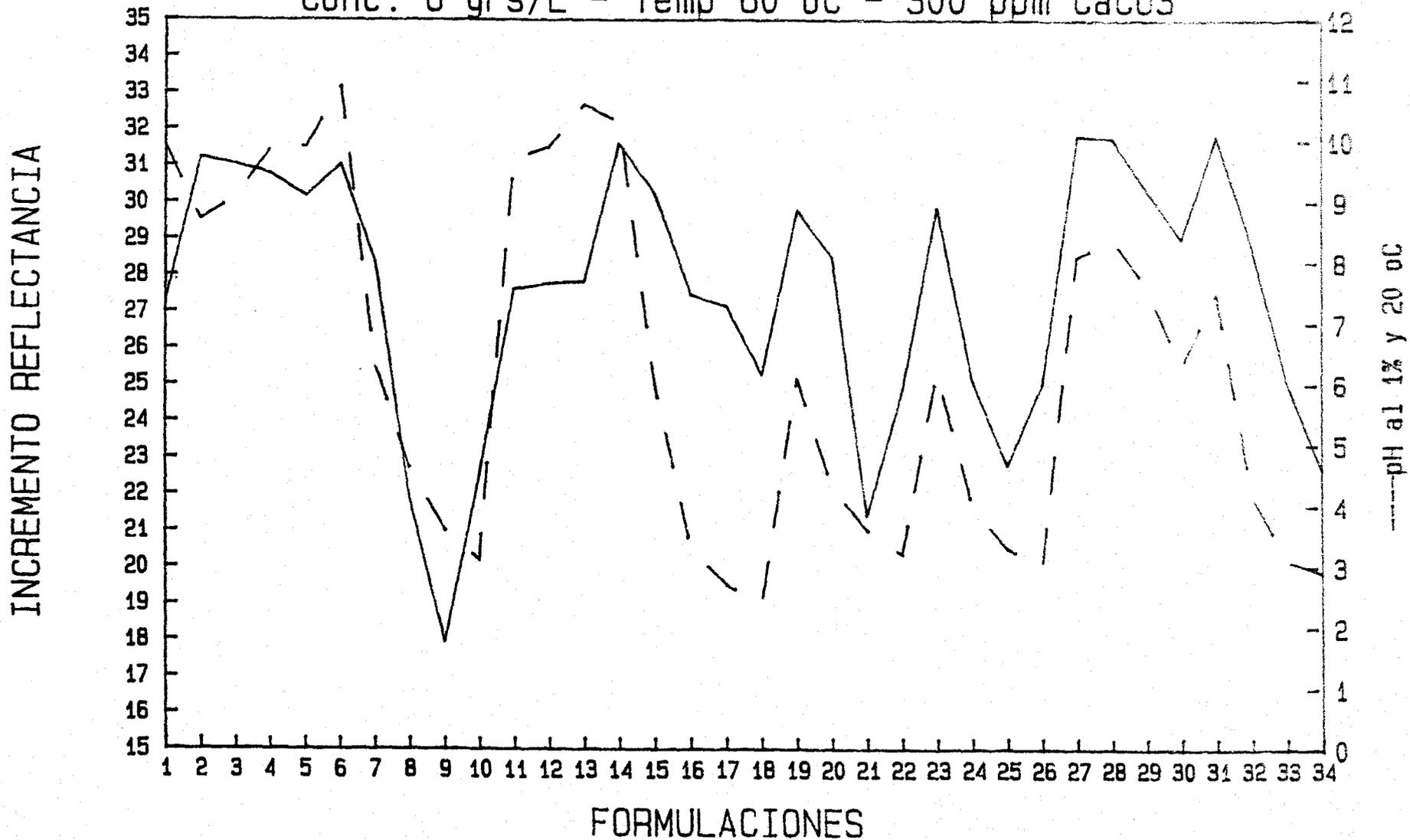
La relación pH/repulsión fibra-suciedad y pH/redeposición ha quedado demostrada en innumerables trabajos publicados, entre los que se pueden citar las ref. 6 y 21.

Cabe pues esperar, como así ha ocurrido, que los mejores resultados de eficacia deterativa correspondan a las sales solas o en combinación con STPP frente a los ácidos, y por otra parte y en base a la relación pH/eficacia deterativa, que los valores más altos de incremento de reflectancia, correspondan, en el caso de los ácidos, a las mezclas STPP/Ácido con mayor contenido en STPP (22,5%), es decir, con pH más alto (F-7, F-15, F-19, F-23 y F-31).

...//...

EFICACIA DETERSIVA vs ALGODON

Conc. 6 grs/L - Temp 60 oC - 300 ppm CaCO3



7. CONCLUSIONES

7.1. Estabilidad frente al agua dura.

7.2. Eficacia detergente.

7. CONCLUSIONES

7.1. Estabilidad frente al agua dura

- La formulación sin coadyuvante posee una estabilidad muy elevada a cualquiera de las durezas y temperaturas consideradas en este trabajo.

- En las formulaciones con 30% en peso de un mismo coadyuvante, puede afirmarse que, en general, la incorporación de coadyuvante tiene un efecto poco pronunciado aunque positivo en todos los casos considerados, con excepción de STPP, oxalato sódico y ácido oxálico (debido a la formación de precipitados de fosfatos y oxalatos cálcicos)

- En las formulaciones con mezclas de STPP y otro coadyuvante, se observa:

a)- Una mayor estabilidad de aquellas formulaciones que incorporan ácido frente a las que tienen sal sódica.

b)- Cuando el coadyuvante es sal sódica, es determinante la acción del STPP como agente precipitante sobre los valores de estabilidad.

c)- Finalmente, cuando el coadyuvante es ácido, queda demostrada la influencia del pH sobre los valores de estabilidad.

...//...

7.2. Eficacia deterativa

- La formulación sin coadyuvante posee una eficacia deterativa muy elevada.

- En las formulaciones con 30% en peso de un mismo coadyuvante, hay que distinguir entre ácidos y sales. En el caso de las sales, puede afirmarse que la incorporación de coadyuvante tiene un efecto positivo en todos los casos considerados. En lo concerniente a los ácidos, puede decirse que en todos los casos, su incorporación hace disminuir de manera significativa la eficacia deterativa de la formulación sin coadyuvante.

- En las formulaciones con mezclas de STPP y otro coadyuvante:

- los mejores resultados se obtienen con mezclas de STPP/Citrato sódico y STPP/AEDT.

- En general, las mejores combinaciones son las que contienen 22,5% de STPP y 7,5% de otro coadyuvante.

- Finalmente, ninguno de los coadyuvantes supera al STPP, aunque algunos lo igualen en eficacia deterativa frente al algodón.

No parece existir relación alguna entre estabilidad al agua dura y eficacia deterativa, por los resultados obtenidos en este trabajo.

...//...

8. BIBLIOGRAFIA

BIBLIOGRAFIA

- 1 - KLAUS HENNING.
Constitución, función y tecnología de los detergentes modernos.
Chemie Fur Labor und Betrieb, 1976, 27 (2), pag. 46-50.
- 2 - JOSE L. BERNA.
Curso sobre detergentes
Fundación Gómez Pardo. E.T.S. de Ingenieros de Minas. Madrid/81
- 3 - E.J. SOULDERS.
Trends in laundry detergents.
HENKEL.
- 4 - W.G. CUTLER, R.C.DAVIS
Detergency. Theory and test methods. Parte I, II y III
Surfactant Science series, Vol.5.
Edited by Marcel Dekker Inc. New York.
- 5 - M.COX y K.L. MATHESON
Interactions between linear alkylbenzene sulfonates and water
hardness ions (I) and (II). Presented May 7, 1985 at the Annual
Meeting of the AOCs Philadelphia.
- 6 - A. BRUNA.
Il fosfati nei detersivi.
Riv. Ital. Sostanze grasse, Vol. LVIII, Dic. 1981, pag. 625-629
- 7 - M. BELLA RIEGO
Tesina de Química Industrial. Facultad de Química, Sevilla 1983.
- 8 - T.MOELLER
Química inorgánica, Ed. Reverte.
- 9 - L. COLAS
Le phosfore dans la détergènce.
Chimie et industrie , Vol. 87, n. 1. Enero 1962.
- 10 - P. BERTH
Recientes avances en el campo de los coadyuvantes inorgánicos.
Tenside, 1978, 15 (4) pag. 176-180.
- 11 - M.W. HOLLINGSWORTH
Role of detergent builders in fabric washing formulations.
JAOCs, Enero 1978, 55, pag. 49-51.
- 12 - H.W. BROWER, R.J. MARTENS y otro.
Reducción de la concentración de iones cálcicos por trifosfa-
to sódico y otros secuestrantes en baños de lavado y efectos
relacionados con la misma.
Tenside, 1977, 14 (4), pag. 203-205.

- 13 - F. BUOSI
Comparison between trisodium citrate and sodium tripolyphosphate as builders in detergent formulations.
Riv. Ital. Sostanze Grasse, 1980. Vol. 57 (5), pag. 248-255.
- 14 - ARPINO, O. COZZOLI
Valutazione del potere detergente e degli effetti secondari in lavabianchiorica del detersivi ad uso domestico continenti zeoliti.
Riv. Ital. Sostanze Grasse, Vol. LXII, Abril 1985, pag. 204.
- 15 - STEVEN L. ROCK y otro.
Zeolites as detergent builders.
Soap Cosmetics, Abril 1985, pag. 42.
- 16 - WILHAM & MEHLTREHER
Organic acids as builders in LAS detergent formulations.
JAOCS, Vol. 48, 1971, pag. 682.
- 17 - D.M.CHANG
The Binding of Free Calcium ions in Aqueous solution using chelating agents phosphates and polyacrylic acids.
JAOCS, 1983, 60 (3), pag. 618-622.
- 18 - GAFA
Assessment of NTA as builder in detergent formulations.
Tenside, (4), Setiembre 1972, pag. 309-317.
- 19 - VERWEY y OVERBEEK
Theory of lyophobic colloids.
- 20 - DERJAGUIN y LANDAU
Acta physicochimi
URSS 14 , 1941, pag. 633
- 21 - L.HO. TANTAI
Le lavage ménager des textiles et les problèmes de redepósitos.
R.F. des corps gras, n.10, Octubre 1975, pag. 528-535.
- 22 - PETER BERTH
Multicomponent systems as detergent builders.
Tenside, 20, 1983.
- 23 - H. BRUESCHWEILER
Role of phosphates in detergents.
EMPA 1880-1980, 1980, pag. 217-222.
- 24 - GODBOLE
Role of sodium tripolyphosphate (STPP) in detergents (with special reference to small scale industries).
Chem. Petromchem. Enero 1979, 10 (6), pag. 10-12.
- 25 - ABE YOSHIRO
Phosphate and phosphate-free detergent builders.
Hyomen 1981, 19 (10), pag. 542-554.

- 26 - LIU PAU HAN
Synthetic detergents and phosphates.
Ying Yung Cieh Mien Hua Hsueh, 1982, 15, pag. 17-28.
- 27 - KIDAMA TAKENOR, YOSHIMOTO KENJI
Relation between detergent and eutrophication.
Kogai to Taisaku, 1979, 15(11), pag. 1467-1472.
- 28 - D. JENKINS, J. GASSER y otros
Impacto ambiental de los coadyuvantes de detergentes en las aguas de California.
Water Res. 1974, 7 (1-2), pag. 265-281.
- 29 - J.E. ETZEL, C.J. LANCELOT y otro.
La prohibición de fosfatos en los detergentes produce pequeña reducción en el fósforo contenido en ríos.
Water sewage works, 1975, 122 (10), pag. 91-93.
- 30 - D.E. FRANCISCO y C.M. WEISS
Respuesta de algas a los niveles de fosfato en detergentes.
J. Water Poll. Cont. Fed. 1973, 45 (3), pag. 480-487.
- 31 - P. FINK
Fosfatos como coadyuvantes. Pro y contra.
Chimia, 1975, 29 (1), pag. 43-46.
- 32 - R.A. VOLLENWEIDER
Input-output models with special reference to the phosphorous loading concept in limnology.
Schweiz.z. Hydrol, 1975, 37, pag. 53-84.
- 33 - G.F. LEE, W. RAST, R.A. JONES
Eutrophication of waterbodies: insights for an age-old problem.
Environ S.A and Technol. 12, 1978, pag. 900-908.
- 34 - Cursillo sobre eutroficación de lagos y embalses.
Publicaciones suplementarias. Centro de estudios hidrográficos.
(C.E.E.O.P.), Madrid 1980.
- 35 - J. RUIZ DE LA TORRE, J.L. ORTIZ CASAS
La eutrificación de las aguas superficiales.
Centro de estudios hidrográficos (M.O.P.), Madrid 1970.
- 36 - B. TIRELLI
Sodium zeolites and polyphosphates in detergents.
Prod. Chim. Aerosol Sel, 1981 (2), pag. 4-6,8.
- 37 - OGINO, KEIZO, SUZUKI, TAKASHI y otros.
Studies of the builder effects on detergency. III.
Physico-chemical properties of detergent solutions containing zeolites.
Yukagaku, 1979, 28 (9), pag. 619-622.
- 38 - S.S. AGGARWAL
Role of silicates in detergents.
Soap deterg. Toiletries, Rev. 1978, 8 (11), pag. 23-27.

- 39 - OGINO, KEIZO, YONEYAM, YUJI y otros
Study on the role of builder and the mechanism of detergency.
Effects of builder containing zeolite on detergency.
Kenkyu Hokoku . Asahi Garasu Kogyo Gijutsu Shoreikai, 1980,
37, pag. 111-122-
- 40 - M. ETTLINGER
Synthetic zeolites as new builders for detergents.
Manuf. Chem. Aerosol News, 1978, 49 (10), pag. 56,60,63,66.
- 41 - M.J. SCHWUGER, H.G.SMOLKA
Sodium-aluminium-silicates in the washing process. Part III.
Ion exchange and detergency.
Colloid Polym. Sci. 1978, 256 (10), pag. 1014-1020.
- 42 - E. SMULDERS
Silicato aluminico sódico, una nueva materia prima para el
lavado.
IX Jornadas y C.E.D, Madrid, 1978, pag. 119-137.
- 43 - SUZUKI IROSHI, KAGIKEN NIUSU
Builder and detergent.
Kagaku Kogyo Shiryo, 1980, 15 (4), pag. 99-109.
- 44 - ANONIMO
Las zeolitas, coadyuvantes prometedores para detergentes.
Chem. Eng. News, 1978, 56 (21), pag. 11-12.
- 45 - A.HEINS
Sobre fosfatos y su sustituto "Sasil".
Seifen-Oele-Fette-Wachse, 1976, 102 (20), pag. 576-577.
- 46 - P.H.SHIMIZU
Aplicaciones comerciales de zeolitas sintéticas.
Soap Cosm. Spec. 1977, 53 (6), pag. 33-36.
- 47 - G.C.SCHWEIKER
Sodium Silicates and Sodium Aluminosilicates.
JAOCS, Enero 1978, 55, pag.36-40.
- 48 - CAMPBELL, FALCONE y SCHWEIKER
Water Hardness Control and Laboratory Detergency of Zeolite-
Silicate Built Formulations.
Household and Personal Products Industrie, Marzo 1978,
pag. 31-38.
- 49 - A.SAVITSKY
Type A Zeolite as a laundry detergent builder.
Household and Personal Products Industry, Marzo 1977
pag. 52,56,58 y 66.
- 50 - A comparative assesment of the effectiveness and cost of
different measures aimed at reducing the environmental
impact of phosphorus in the surface waters of Western
Europe.
Geneva Research Center, 1977.

- 51 - Dr. CHRISTIAN GLOXHUBER y otros
Zeolite A, a phosphate substitute for detergents.
Food and chemical toxicology, 21, 1983.
- 52 - Dr. P. GODE
Sodium aluminium silicates in detergents - investigations into their effects on algal growth.
Zeitschrift fur Wasser - Abwass Forschung, 16, 1983.
- 53 - Tensioactivos y coadyudantes para detergentes.
II Jornadas del Comité Español de la Detergencia.
- 54 - P.A. GILBERT, A.L. DEJONG
Uso de fosfato en detergentes y posibles sustitutos.
Ciba Found. Symp. 57, 1978, pag. 253-268.
- 55 - P.A. BORCHERT
Citratos como coadyudantes en detergentes con zeolitas.
Soap Cosm. chem. spec. Enero 1980, pag. 56.
- 56 - V. LAMBERTI
Carboximetiloxisuccinato sódico (CMOS). Química, propiedades y aplicaciones.
Soap Cosm. Chem. Spec. 1977, 53 (8), pag. 40, 42, 44, 60 A y 60 B.
- 57 - A. GRINDBERG
Quizás el ácido cítrico ?
Kim. Zhizn, 1977 (2), pag. 68-69.
- 58 - TUWELL, HU y DEWITT
Sodium CMOS: properties and performance.
Household and Personal Products Industry, Abril 1978, pag.45-51
- 59 - HART, ROGER
Chelating agents in detergent and specialty chemicals.
Soap Cosm. Chem. Spec. 1980, 56 (6), pag. 39-40, 42, 74.
- 60 - S. SMEETS, E. FROYEN y otro
Coadyudantes sulfo-policarboxílicos para detergentes sin fosfatos.
Tenside, 1976, 13 (2), pag. 83-89.
- 61 - M.S. NIEMWENHEIZEN y otros
Synthesis and calcium complexation of polycarboxylic acids.
Tenside, 22, 1985, 5.
- 62 - FUMIKATSU TOKIWA, TETSYA IMAMURA
47, JAOCS, 1970 pag. 117.
- 63 - J.L. CASAS, J. BARRERA y R. BORRERO
Determinación potenciométrica con electrodo específico de calcio de la capacidad y estabilidad de un secuestrante cálcico de uso en detergencia.
XV Jornadas C.E.D. 1983, pag. 519-540.

- 64 - M.K. NAGARAJAN
Water hardness control by detergent builders.
JAOCS, Vol. 61, n. 9, 1984, pag. 1475-1478.
- 65 - C.F. CALLAS
pH lowering acidimetric methods.
J. Phyl..65, 1961, pag. 1463.
- 66 - J.E. FREUND
Mathematica statistics
Prentice Hall, 1962.
- 67 - V.P. SPINIDOVOV y A. LOPATKIN
Tratamiento matemático de datos fisicoquímicos.
Editorial MIR, 1973.
- 68 - Apuntes de estadística del Dpto. de Estadística Matemática
e Investigación Operativa de la Sección de Matemáticas.
Facultad de Ciencias, Universidad de Sevilla.
- 69 - UEBERSCHAER, KLAUS
Detergents - composition, properties, application. Part II
Builders and chemical bleaching agents.
Textilreinigung (Leipzig) 1979, Vol. 26 (2), pag. 60-62.
- 70 - MAL'TSEV, YUSCHENCO y OTROS
Turbidimetric determination of the solubilizing power of
synthetic detergent compositions and phosphate substitutes.
Prom-st Tovarow Bytovoï Khim, 1978 (2), pag. 22-23.
- 71 - UEBERSCHAER, KLAUS
Detergents: synthesis, properties, application. Part III,
optical whitening agents.
Textilreinigung (Leipzig) 1979, 26 (4), pag. 124-126.
- 72 - MATSUMURA SUICHI
Organic Builders. IX. Building performance of the mixtures
of STPP and chelating-type polycarboxylates.
Yukagaku, 1979, 28 (6), pag. 403-406.
- 73 - SCHAFFER, WOODHAMS
Polyelectrolytes as phosphate substitutes in detergents.
Tenside Deterg. 1979, 16 (2), pag. 82-89.
- 74 - ABE, YOSHIRO, MATSUMURA SUICHI Y OTROS
Organic builders. XI. Building performances of malonate-type
ether polycarboxylic acids.
Yukagaku, 1981, 30 (1), pag. 31-37.
- 75 - SATO, MASAKO, TANAKA, JUNKO y OTROS
Studies of the builders in detergent formulations. Behaviour
or organic carboxylates and their derivatives as builders.
Yukagaku, 1981, 30 (1), pag. 44-50.
- 76 - KRUSSMANN, BARBU
Influencia del descenso en el contenido de fosfatos en los
detergentes en las propiedades de lavado y las incrustaciones
en los textiles en función de la dureza del agua.
Tenside, 1976, 13 (1), pag. 23-31.

- 77 - HENNING, NIELEN y OTRO
Asuntos actuales sobre la sustitución de fosfatos en detergentes.
Seifen-Oele-Fette-Wachse, 1978, 104 (1), pag. 7-9.
- 78 - KUSMANN, VOGEL y OTRO
Sobre la cuestión de la eliminación de fosfatos en detergentes.
Seifen-Oele-Fette-Wachse, 1977, 103 (15), pag. 417-423.
- 79 - MATZNER, SWISHER y OTRO
Sales orgánicas como aditivos que sustituyan al tripolifosfato sódico.
Tenside, 1973, 10, pag. 119-125.
- 80 - HENNING, MELEN y OTRO
Puesta al día de la sustitución de fosfatos en los detergentes.
Seifen-Oele-Fette-Wachse, 1977, 103 (20), pag. 571-579.
- 81 - ANONIMO
Controversias sobre detergentes
Household & Personal Products Ind, 1973, 10, pag. 14-16.
- 82 - LANDGRABER
Tripolifosfato pentasódico: nuevas exigencias a un conocido coadyudante de detergentes.
Seifen-Oele-Fette-Wachse, Dic. 1983, 109, pag. 318-325.
- 84 - NIELEN, LANDGRABER
Sobre el comportamiento de hidratación del trifosfato pentasódico.
Tenside 1977, 14.
- 85 - CRUTCHFIELD
Organic builders: a review of worldwide efforts to find organics replacements for detergent phosphates.
JAOCs, Ene.1978, 55, pag. 58-64.
- 86 - YAMAJI, COLLIER
Total hardness ions in laundry washing solutions
JAOCs, Ene. 1978, 55, pag. 44-49.
- 87 - VAECK
Precipitation of insoluble salts in fabrics laundered in hard water in the presence of different alkalis and builders.
Tenside, 1978, 15, pag. 286-290.
- 88 - GOMEZ HERRERA y OTROS
Estudios sobre la eficacia real de los tensioactivos técnicos en sus aplicaciones domésticas e industriales. IV. Influencia de coadyuvantes sobre la estabilidad frente a la dureza del agua de tensioactivos aniónicos.
Grasas y Aceites, Vol. 35, fasc.6, 1984, pag. 364-368.

- 89 - DAVIDSON, MILWIDSKY
Synthetic detergents
Ed. Leonard Hill.
- 90 - MILTON J. ROSEN
Surfactants and interfacial phenomena
Ed. John Wiley & Sons
- 91 - K. DURHAM
Surface activity and detergency
Ed. Macmillan Co. Ltd.
- 92 - PEACOCK, MATIJEVIC
Precipitation of alkylbenzenesulfonates with metal ions
J. Coll. Int. Sci. Vol. 77, n.2, 1980, pag. 548-554.
- 93 - WALKER, KEPPEL y Otros
Salting out and multivalent cation precipitation of anionic
surfactants.
Presented at the 181st ACS National meeting, Atlanta,
March 1981.
- 94 - J.J. GARCIA DOMINGUEZ
Investigación, Detergencia y Calidad de Vida.
XII Jornadas CED/AID, 1981.
- 95 - ERIK KISSA
Wetting and Detergency
Pure and Appl. Chem. Vol. 53, pag. 2255-2268.
- 96 - J.C. HARRIS
Detergency Evaluation and Testing.
Interscience Publishers Inc. New-York.
- 97 - W. VOGTMAN
A new method for evaluating the washing power of washing
agents for cotton fabrics: I and II.
JAACS Nov. 1981, pag. 1012-1019.
- 98 - Builder Bible - Comunicación interna.

.....oOo.....

A N E X O

TABLAS DE DATOS EXPERIMENTALES

COADYUDANTE: Formulaci3n sin coadyudante.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	21	21	21	22	22	21	21	21	21	22	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21

TABLA A-1

COADYUDANTE: 30% STPP Hidratación rápida

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	5	4	4	3	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	1	2	3	3	2	2
2.5 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	2
0.6 ml	5	5	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	5	5	5	2	1	5	2	2	2	1	1	2	2	2	1	2	2	2	2	1
SUMA (5 valores)	22	21	18	13	13	19	15	14	10	9	9	10	10	9	5	7	8	8	8	7

TABLA A-2

COADYUDANTE: 30% STPP Hitratación lenta.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	3	4	3	3	4	3	3	3	3	4	4	1	3	3	3	3	3	3	1	1
2.5 ml	4	4	4	3	3	5	4	4	2	2	3	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	5	5	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1
SUMA (5 valores)	20	19	17	11	11	14	11	11	8	8	11	9	6	9	8	8	8	8	7	5	5

TABLA A-3

COADYUDANTE: 30% STPP Hidratación normal.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	2	2	3	3	3	2	2
2.5 ml	5	5	5	5	5	5	5	4	4	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	5	3	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	5	5	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	
SUMA (5 valores)	21	21	17	14	13	13	13	12	11	10	9	9	7	6	6	8	8	8	6	6	

TABLA A-4

COADYUDANTE: (22,5% STPP +
 (7,5% Citrato Sódico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	4	4	4	4	3	4	4	4	4	2	4	3	2	2	1	3	3	1	1	1
2.5 ml	5	5	5	4	2	4	4	4	4	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	5	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SUMA (5 valores)	21	18	18	13	10	13	12	12	12	8	9	8	7	7	6	8	8	6	6	6

TABLA A-5

STPP 15% +

COADYUDANTE: 15% Citrato Sódico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	2	1	1	4	3	1	1	1
2.5 ml	5	5	5	2	2	4	4	4	4	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	5	4	4	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	5	5	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1
0.3 ml	5	5	2	5	5	5	5	2	2	2	5	2	2	2	1	5	2	2	2	2	1
SUMA (5 valores)	24	24	18	17	16	17	17	13	12	10	13	9	7	6	5	13	8	6	6	6	5

TABLA A-6

COADYUDANTE: STPP 7,5% +
Citrato Sódico 22.5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	4	4	4	2	3	4	4	4	2	1	4	4	2	1	1	4	1	1	1	1
2.5 ml	4	5	5	2	2	4	2	2	2	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	5	2	1	5	2	2	1	1	5	2	1	1	1	4	2	1	2	1
0.6 ml	5	5	5	2	2	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2	5	5	2	2	2
SUMA (5 valores)	23	24	24	13	13	23	15	15	12	7	21	15	11	10	7	19	11	7	8	7

TABLA A-7

COADYUDANTE: 30% Citrato Sódico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	4	4	3	2	4	4	4	3	2	4	4	4	3	2	4	4	4	3	2	
2.5 ml	5	5	4	4	4	4	4	4	4	2	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	3
SUMA (5 valores)	24	24	23	21	21	23	23	23	21	19	23	23	23	21	20	23	23	23	20	17	

TABLA A-8

COADYUDANTE: 22,5% STPP + 7,5% Acido Cítrico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27,5	35	50	70	20	27,5	35	50	70	20	27,5	35	50
5 ml	4	2	3	3	5	2	2	3	2	5	2	2	3	2	5	2	2	2	1	5
2.5 ml	2	2	2	3	5	2	2	2	2	5	2	2	1	2	4	2	2	1	2	3
1.2 ml	2	2	2	4	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2	5	2	2	2	2	5
0.6 ml	2	2	2	4	4	2	2	2	4	1	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1
0.3 ml	2	5	2	5	1	2	2	2	5	1	2	2	2	4	1	2	2	2	3	1
SUMA (5 valores)	12	13	11	19	20	10	10	11	15	17	10	10	10	13	17	10	10	9	11	15

TABLA A-9

COADYUDANTE : 15% ACIDO CITRICO + 15% STPP

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2
2.5 ml	5	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	4	3
1.2 ml	4	4	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	4	4	4
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	23	21	22	22	21	21	21	20	20	19	21	21	21	21	21	22	22	21	20	19	19

TABLA A-10

COADYUDANTE : Acido Cítrico 22,5 % + STPP 7,5%.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	3	4	4	4	4	3	4	4	4	4	3	4	3	4	3	3	3	4	5	4	
1.2 ml	4	4	5	4	5	3	4	4	5	5	3	3	4	3	4	3	4	3	4	5	
0.6 ml	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	4	5	
0.3 ml	4	4	5	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	4	5	4	5	
SUMA (5 valores)	18	19	22	21	22	17	20	20	22	22	17	19	19	20	20	17	18	19	20	22	

TABLA A-11

F-10
COADYUDANTE : 30% - Acido Cítrico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3
2.5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml	5	5	4	5	5	4	5	5	5	4	5	5	4	5	4	4	4	4	4	5	5
0.6 ml	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	22	22	22	23	23	21	22	23	24	22	22	22	21	24	22	21	21	21	21	23	22

TABLA A-12

COADYUDANTE: 7,5% Oxalato Sódico.

22,5% STPP.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	3	3	3	3	3	3	2	3	1	1	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	3	3	3	3	3	3	2	3	2	1	3	4	2	2	1	2	2	2	1	1	
0.3 ml	3	4	4	4	4	3	5	5	3	2	1	4	4	3	2	1	1	1	1	1	
SUMA (5 valores)	14	15	15	14	14	14	13	15	9	7	12	11	10	9	6	6	6	6	5	5	

TABLA A-13

COADYUDANTE : *OXALATO SODICO* 15%
STPP 15%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	2	2	3	2	3	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1
0.6 ml	3	3	3	2	2	3	3	2	3	3	2	2	2	2	1	2	2	2	1	2	2
0.3 ml	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SUMA (5 valores)	12	12	13	10	11	10	11	10	10	10	8	8	8	7	6	8	8	8	6	7	7

TABLA A-14

COADYUDANTE : 22,5% OXALATO SODICO.
7,5% STPP.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	1	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
0.6 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	2	2	2	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SUMA (5 valores)	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8

TABLA A-15

COADYUDANTE :

30% OXALATO SODICO.-

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	2	2	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1
SUMA (5 valores)	7	7	7	6	6	7	7	7	6	6	5	5	6	6	6	5	5	5	5	5

TABLA A-16

COADYUDANTE: 7,5% *Acido oxalico.* +
22,5% STPP.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1
1.2 ml	3	4	3	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	2
0.6 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	2	2	2	2
0.3 ml	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	4	5	4	5	5	5
SUMA (5 valores)	13	15	13	12	12	13	14	12	13	12	12	12	11	12	11	10	10	10	11	11	11

TABLA A-17

COADYUDANTE: 15% Acido oxalico +
15% STPP.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	3	3	2	3	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	3	3	4	3	4	2	2	2	2	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	4	5	4	4	5	3	3	4	3	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	3	4	3	4	4	3	2	2	2	2	2
SUMA (5 valores)	16	17	16	16	17	11	11	12	11	12	9	10	10	11	11	8	7	7	7	7	7

TABLA A-18

COADYUDANTE: *Acido Oxálico* 22,5% +
STPP 7,5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	3	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	3	3	3	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	3	3	4	5	5	2	3	3	4	4	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	4	4	4	5	5	3	3	4	4	4	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	4
SUMA (5 valores)	17	17	18	22	22	13	14	15	16	16	10	10	11	11	11	8	8	9	9	9	9

TABLA A-19

COADYUDANTE : 30% Acido Oxalico.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	4	4	4	4	4	2	2	1	2	2	2	1	1	2	3	1	1	1	1	1
2.5 ml	5	4	4	4	4	2	2	3	1	2	2	2	1	1	1	3	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	4	4	5	5	2	2	3	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.6 ml	5	5	4	5	5	4	3	4	5	5	4	3	3	4	2	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	2	4	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	24	22	21	23	23	17	13	17	14	18	14	14	12	13	12	12	10	11	11	11	11

TABLA A-20

COADYUDANTE:

ACIDO MALICO (D-L) 7,5%

STPP 22,5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	3	4	3	3	1	3	3	3	3	2	3	3	3	3	1	3	3	3	2	1
2.5 ml	4	4	4	4	2	3	3	4	4	1	3	4	4	4	2	3	3	4	1	1
1.2 ml	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2	5	5	5	1	2
0.6 ml	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	22	23	22	22	12	21	21	22	22	15	21	22	22	22	12	21	21	22	14	14

TABLA A-21

COADYUDANTE : ACIDO MALICO (D-L) 15%
 STPP 15%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	3	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
1.2 ml	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	20	20	22	22	22	21	21	22	22	22	22	21	22	22	22	22	19	19	22	22	22

TABLA A-22

COADYUDANTE:

ACIDO MALICO (D-L) 22,5%
STPP 7,5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	2	2	2	2	3	2	2	2	3	3	2	2	2	3	3	1	2	2	3	3
2.5 ml	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	5	4
1.2 ml	3	3	4	5	5	3	3	4	5	5	3	3	4	5	5	3	3	4	4	4
0.6 ml	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	4	5	4	4
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	17	18	19	21	22	17	17	19	22	22	17	18	19	22	22	16	17	19	21	20

TABLA A-23

COADYUDANTE : ACIDO MALICO (D-L) 30% .

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml.	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml.	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml.	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	21	21	21	22	22	21	21	21	22	22	20	20	20	22	22	21	21	21	22	22

TABLA A-24

COADYUDANTE:

7.5% ACIDO TARTARICO

22,5% STPP

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
TEMP. °C																				
5 ml	3	3	3	4	4	3	3	3	4	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	1
2.5 ml	4	4	4	5	5	4	4	4	4	2	3	3	4	4	2	4	4	4	2	2
1.2 ml	4	4	4	5	5	4	4	5	5	2	4	4	5	5	2	4	4	5	5	2
0.6 ml	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	2	5	5	5	5	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	20	20	21	24	24	20	21	22	23	16	20	20	22	21	13	21	21	22	19	12

TABLA A-25

COADYUDANTE:

15% Acido Tartarico.

15% STPP.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	1	3	3	4	3	1	3	3	4	3	1	3	3	4	3	1	3	3	4	3
2.5 ml	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	2	3	3	4	3	2	3	3	4	4
1.2 ml	3	4	4	5	5	3	4	4	5	5	3	4	4	5	4	3	4	4	5	3
0.6 ml	4	4	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	4
0.3 ml	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	15	19	19	23	22	15	19	20	23	21	14	20	20	23	19	14	19	20	23	19

TABLA A-26

COADYUDANTE : (ACIDO TARTARICO 22,5%
 (STPP 7,5 %

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml.	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3	1	1	1	3	3
2.5 ml	2	2	2	3	4	2	2	2	3	4	2	3	3	4	4	2	2	2	4	4
1.2 ml	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	3	3	5	3
0.6 ml	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	4	4	4	5	4	3	3	4	5	4
0.3 ml	4	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4
SUMA (5 valores)	14	15	15	20	20	14	15	15	20	20	15	16	16	21	19	12	14	15	21	18

TABLA A-27

COADYUDANTE : ACIDO TARTARICO 30%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	4	4	4	4	4	3	3	3	4	3	3	3	4	4	4	3	3	3	4	4	4
1.2 ml	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4	4
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	21	21	21	22	22	20	20	21	22	21	20	20	21	22	22	20	20	20	21	21	21

TABLA A-28

7,5% AEDT
COADYUDANTE: 22,5% STPP

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2.5 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
0.6 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	2	2	2	4	4	2	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
SUMA (5 valores)	10	10	10	11	11	9	9	9	10	10	8	8	8	8	8	8	8	8	8	7	7

TABLA A-29

COADYUDANTE: 15% AEDT
15% STPP

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	1	1	2	2	3	1	1	2	1	1	
2.5 ml	2	2	2	3	4	2	2	2	2	1	2	2	1	2	1	2	2	2	2	1	1
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	1
0.6 ml	2	2	4	4	4	2	2	3	4	4	2	2	4	4	2	2	2	2	2	2	2
0.3 ml	2	2	5	5	5	2	2	5	5	5	2	2	5	3	5	2	2	5	5	5	
SUMA (5 valores)	10	10	16	17	18	10	10	15	16	15	9	9	14	13	12	9	8	13	11	10	

TABLA A-30

COADYUDANTE: 22,5% AEDT
 7,5% STPP

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
2.5 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
1.2 ml	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1
0.6 ml	3	3	3	2	2	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	2
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	14	14	14	13	13	14	14	13	13	13	14	14	14	13	13	14	14	14	12	12	12

TABLA A-31

COADYUDANTE: 30% AEDT (Sal Sódica)

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml	4	5	4	5	5	4	4	4	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5
0.6 ml	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	21	21	21	22	22	21	21	21	22	22	21	21	22	22	22	20	20	22	22	22	22

TABLA A-32.

COADYUVANTE: STPP: 22,5%

NTA : 7,5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	2	2	1	2	3	2	2	1	2	3	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	1
2.5 ml	3	3	3	3	4	3	3	3	3	4	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2	
1.2 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	3	
0.6 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	
SUMA (5 valores)	18	18	17	18	20	18	18	17	18	20	18	18	18	17	15	17	17	18	17	15	

TABLA A-33

COADYUVANTE: STPP: 15%

NTA: 15%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
2.5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	3	3	4	4	4
1.2 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21	20	20	21	21	21	19	19	21	21	21	21

TABLA A-34

COADYUVANTE: STPP: 7,5%

NTA: 22,5%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2.5 ml	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
1.2 ml	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	5	5	5	5
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	23	23	23	23	23	22	22	22	23	23	23	23	22	22	22	23	23	23	23	23

TABLA A-35

COADYUVANTE : NTA : 30%

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F				
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50
5 ml	2	2	4	4	4	2	2	4	4	4	2	2	3	4	4	2	2	3	3	4
2.5 ml	3	3	4	5	4	3	3	4	4	4	3	3	4	4	4	3	3	3	4	3
1.2 ml	3	3	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5
0.6 ml	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	5	4	4	5	4	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	4	5
SUMA (5 valores)	17	17	23	24	22	19	19	23	23	22	18	18	22	22	22	16	16	20	19	21

TABLA A-36

DETERGENCIA

Temperatura : 60°C
 Concentración: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-1	1999	76,28	48,48	27,80	27,27
	2000	75,07	47,99	27,08	
	2001	75,61	47,63	27,98	
	2002	75,93	48,71	27,22	
	2003	75,73	48,50	27,23	
	2004	75,98	49,67	26,31	
F-2	1945	77,94	46,67	31,27	31,21
	1946	77,53	45,88	31,65	
	1947	77,65	45,95	31,69	
	1948	77,50	46,09	31,41	
	1949	77,26	46,40	30,86	
	1950	77,01	46,61	30,40	
F-3	1951	76,73	47,24	29,49	31,01
	1952	78,46	46,41	32,05	
	1953	78,39	45,84	32,55	
	1954	77,87	47,29	30,58	
	1955	77,77	47,02	30,75	
	1956	76,87	46,23	30,64	
F-4	1957	76,72	46,76	29,96	30,74
	1958	76,99	46,20	30,79	
	1959	77,55	46,51	31,04	
	1960	77,70	46,65	31,05	
	1961	77,46	46,37	31,09	
	1962	77,43	46,87	30,56	
F-5	1963	76,92	47,12	29,80	30,14
	1964	76,78	47,63	29,15	
	1965	76,89	46,65	30,24	
	1966	76,80	45,87	30,93	
	1967	76,35	45,93	30,42	
	1968	76,76	46,41	30,35	

DETERGENCIA

A-37 (cont.)

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-6	1969	77,72	46,47	31,25	31,02
	1970	77,57	46,87	30,70	
	1971	77,23	47,26	29,97	
	1972	77,03	45,99	31,04	
	1973	77,71	46,04	31,67	
	1974	77,92	46,42	31,50	
F-7	1975	76,01	47,60	28,41	28,32
	1976	75,45	47,17	28,28	
	1977	75,58	46,50	29,08	
	1978	75,48	47,55	27,93	
	1979	75,43	47,64	27,79	
	1980	76,15	47,73	28,42	
F-8	1981	70,00	49,62	20,38	21,81
	1982	70,07	48,59	21,48	
	1983	70,70	48,53	22,17	
	1984	69,35	47,02	22,33	
	1985	69,56	46,95	22,61	
	1986	69,61	47,68	21,93	
F-9	1987	66,97	47,94	19,03	17,91
	1988	66,92	47,87	19,05	
	1989	66,66	49,81	16,85	
	1990	66,13	49,22	16,91	
	1991	66,07	48,88	17,19	
	1992	66,23	47,77	18,46	
F-10	1993	69,61	47,79	21,82	22,49
	1994	70,80	48,03	22,77	
	1995	70,72	48,20	22,27	
	1996	70,42	48,15	22,27	
	1997	71,21	48,44	22,77	
	1998	71,35	48,29	23,06	

DETERGENCIA

A-37 (cont.)

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N°	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-11	2005	75,41	48,31	27,10	27,60
	2006	76,18	48,23	27,95	
	2007	76,50	49,18	27,32	
	2008	76,19	48,21	27,98	
	2009	75,76	48,18	27,58	
	2010	75,40	47,74	27,66	
F-12	2011	74,75	47,60	27,15	27,77
	2012	74,86	47,91	26,95	
	2013	76,72	48,54	28,18	
	2014	76,53	49,77	26,76	
	2015	76,01	47,42	28,59	
	2016	76,14	47,12	29,02	
F-13	2017	74,34	48,53	25,81	27,81
	2018	75,07	47,78	27,29	
	2019	75,21	47,78	27,43	
	2020	75,04	48,14	26,90	
	2021	75,69	46,37	29,32	
	2022	76,73	46,58	30,15	
F-14	2023	78,21	47,30	30,91	31,60
	2024	78,08	47,44	30,64	
	2025	77,78	47,02	30,76	
	2026	78,01	45,50	32,51	
	2027	77,67	45,58	32,09	
	2028	78,00	45,28	32,72	
F-15	2029	76,52	45,69	30,83	30,21
	2030	76,84	46,07	30,77	
	2031	76,70	46,58	30,12	
	2032	76,34	47,22	29,12	
	2033	76,64	46,30	30,34	
	2034	76,39	46,29	30,10	

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N°	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-16	2035	73,18	45,62	27,56	27,45
	2036	73,63	45,49	28,14	
	2037	73,41	45,71	27,70	
	2038	73,89	46,11	27,78	
	2039	73,71	46,85	26,86	
	2040	73,73	47,07	26,66	
F-17	2041	73,43	46,26	27,17	27,12
	2042	72,75	45,60	26,15	
	2043	72,65	45,22	27,43	
	2044	72,67	45,46	27,21	
	2045	73,05	45,36	27,69	
	2046	73,15	46,10	27,05	
F-18	2047	71,84	46,77	25,07	25,26
	2048	70,70	46,53	24,17	
	2049	71,03	46,12	24,91	
	2050	71,74	45,83	25,91	
	2051	71,47	45,76	25,71	
	2052	71,21	45,42	25,79	
F-19	2053	75,35	45,87	29,48	29,79
	2054	75,70	45,87	29,83	
	2055	75,77	46,82	28,95	
	2056	76,13	45,76	30,37	
	2057	76,08	45,95	30,13	
	2058	76,13	46,12	30,01	
F-20	2059	74,85	46,36	28,49	28,48
	2060	74,98	46,01	28,97	
	2061	74,67	47,45	27,22	
	2062	74,74	46,37	28,37	
	2063	75,03	45,93	29,10	
	2064	75,06	46,31	28,75	

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N°	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-21	2065	68,41	46,10	22,31	21,38
	2066	68,10	46,23	21,87	
	2067	67,87	46,76	21,11	
	2068	67,72	47,34	20,38	
	2069	68,88	47,70	21,18	
	2070	68,79	47,37	21,42	
F-22	2071	71,62	46,34	25,28	24,76
	2072	71,15	45,72	25,43	
	2073	71,28	46,67	24,61	
	2074	71,02	46,03	24,99	
	2075	71,04	46,71	24,33	
	2076	71,05	47,14	23,91	
F-23	2077	76,39	47,41	28,98	29,88
	2078	76,45	45,95	30,50	
	2079	76,20	46,38	29,82	
	2080	76,45	46,33	30,12	
	2081	76,60	46,47	30,13	
	2082	76,08	46,30	29,78	
F-24	2083	71,57	46,81	24,76	25,11
	2084	72,04	47,21	24,83	
	2085	72,17	46,36	25,81	
	2086	71,14	46,10	25,04	
	2087	71,41	45,99	25,42	
	2088	71,07	46,29	24,78	
F-25	2089	69,28	46,51	22,77	22,79
	2090	69,03	46,76	22,27	
	2091	69,85	47,78	22,07	
	2092	70,42	47,68	22,74	
	2093	69,98	46,56	23,42	
	2094	69,75	46,25	23,50	

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N°	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-26	2095	71,59	45,52	26,07	25,00
	2096	71,80	46,43	25,37	
	2067	72,19	46,62	25,57	
	2098	71,66	47,21	24,45	
	2099	71,81	47,36	24,45	
	2100	72,02	47,92	24,10	
F-27	2101	78,24	46,72	31,52	31,82
	2102	78,22	46,12	32,10	
	2103	77,80	45,84	31,96	
	2104	78,19	46,10	32,09	
	2105	78,30	46,07	32,23	
	2106	77,83	46,81	31,02	
F-28	2107	78,35	47,58	30,77	31,73
	2108	78,84	47,55	31,29	
	2109	78,56	46,70	31,86	
	2110	78,54	46,36	32,18	
	2111	77,65	45,69	31,96	
	2112	78,37	46,02	32,35	
F-29	2113	77,08	46,40	30,68	30,31
	2114	77,04	47,16	29,88	
	2115	76,72	47,16	29,56	
	2116	77,67	47,77	29,90	
	2117	77,88	46,87	31,01	
	2118	77,51	46,63	30,88	
F-30	2119	75,40	45,89	29,51	29,00
	2120	75,35	45,98	29,37	
	2121	80,20	51,13	29,07	
	2122	80,10	52,01	28,09	
	2123	80,15	51,59	28,56	
	2124	81,09	51,68	29,41	

DETERGENCIA

A-37 (cont.)

Temperatura : 60°C
 Concentracion: 0,60%

Dureza del Agua : 300 ppm
 Tejido E-101

Muestra	Tela N°	Lectura Después	Lectura Antes	Diferencia	Media
F-31	2167	77,73	46,51	31,22	31,81
	2168	77,90	45,84	32,06	
	2169	77,58	45,44	32,14	
	2170	77,87	45,36	32,51	
	2171	78,11	45,98	32,13	
	2172	77,76	46,96	30,80	
F-32	2173	75,47	47,30	28,17	28,83
	2174	75,13	46,82	28,31	
	2175	75,03	46,34	28,69	
	2176	75,15	46,26	28,89	
	2177	75,26	45,68	29,58	
	2178	74,80	45,47	29,33	
F-33	2179	71,79	45,72	26,07	25,12
	2180	71,92	46,87	25,05	
	2181	71,70	46,92	24,78	
	2182	71,24	46,36	24,88	
	2183	71,17	46,10	25,07	
	2184	71,19	46,43	24,86	
F-34	2185	69,40	47,77	21,63	22,67
	2186	69,69	46,11	23,58	
	2187	69,41	45,67	23,74	
	2188	69,56	46,97	22,59	
	2189	69,34	47,25	22,09	
	2190	69,85	47,45	22,40	

DODECILBENCENO SULFONATO SODICO

C = 3 grs/L.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	2	2
2.5 ml	3	3	3	3	4	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1.2 ml	4	4	4	5	5	4	4	4	4	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	20	20	20	21	22	20	20	20	20	21	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20	20

TABLA A-38

Formulación: LAS - NI - JABON : 3: 1,5: 1,5 grs/litro.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
2.5 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5
1.2 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	4	4	5	5	5
0.6 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
0.3 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
SUMA (5 valores)	25	25	25	24	24	24	24	24	24	24	24	22	22	22	24	22	22	22	24	24	24

TABLA A-39

COADYUDANTE: Formulaci3n STPP : 15 grs.

Litro.

Disoluc. madre de deterg. dureza agua	20 ° franceses					30° F					45° F					60° F					
	TEMP. °C	20	27,5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70	20	27.5	35	50	70
5 ml	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	3	3	3	3	2	2
2.5 ml	5	5	5	5	5	4	4	4	4	3	2	2	3	3	3	1	1	1	1	1	1
1.2 ml	5	5	3	3	3	3	3	2	2	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0.6 ml	5	5	3	3	3	3	3	2	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0.3 ml	5	5	4	2	1	3	3	2	2	1	2	2	2	2	1	1	1	1	2	2	1
SUMA (5 valores)	25	25	20	18	17	18	18	15	14	13	13	13	13	11	9	7	7	8	7	6	

TABLA A-40

UNIVERSIDAD DE SEVILLA

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS

Excmo. Sr. Decano de la Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Sevilla

Señor Cohen Mesquera

"Estudio de estabilidad frente al agua dura y de eficacia detergente de formulaciones detergentes en las que el tripolifosfato ha sido sustituido total o parcialmente"

APTO CUM LAUDE

4
Antonio Gómez Mesquera

El Presidente.

Julio

El Secretario.

86.
[Signature]

El Doctorado.

Juan Martínez

[Signature]

José Polo