

Elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables para las grasas y aceites

Informe Técnico

Informe de una Reunión Técnica Conjunta FAO/OMS
Bilthoven, Países Bajos
7-9 de noviembre de 2006

Para más información, sírvase dirigirse a:

**Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias
Dirección de Nutrición y Protección del Consumidor
Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Viale delle Terme di Caracalla
00153 Roma, Italia**

**Fax: +39 06 57054593
Correo electrónico: Proscad@fao.org
Página web: www.fao.org/ag/agn**

o

**Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis
y Enfermedades de Transmisión Alimentaria
Organización Mundial de la Salud
20, Avenue Appia
CH-1211 Ginebra 27, Suiza**

**Fax: + 41 22 7914807
Correo electrónico: foodsafety@who.int
Página web: www.who.int/foodsafety**

Elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables para las grasas y aceites

Informe de una Reunión Técnica Conjunta FAO/OMS

Bilthoven, Países Bajos

7-9 de noviembre de 2006

Publicado por

**la Organización de las Naciones unidas para la Agricultura y la Alimentación y
la Organización Mundial de la Salud**

en colaboración con

el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos

Roma, 2007

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, de parte de la Organización Mundial de la Salud ni de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, juicio alguno sobre la condición jurídica o nivel de desarrollo de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto de la delimitación de sus fronteras o límites.

Las opiniones expresadas en el presente informe son las de los autores y no representan necesariamente las de la Organización Mundial de la Salud ni las de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación o sus organizaciones afiliadas. La Organización Mundial de la Salud y la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación no garantizan que la información contenida en la presente publicación sea completa y correcta y no podrá exigírseles responsabilidades por daño alguno que se derive de su uso.

FAO ISBN
WHO ISBN
(Clasificación NLM)

Todos los derechos reservados. Se autoriza la reproducción y difusión del material contenido en este producto informativo para fines educativos u otros fines no comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor, siempre que se especifique claramente la fuente. Se prohíbe la reproducción del material para reventa u otros fines comerciales sin previa autorización escrita de los titulares de los derechos de autor. Las peticiones para obtener tal autorización deberán dirigirse al Jefe de la Subdirección de Políticas y Apoyo en Materia de Publicación Electrónica de la Dirección de Comunicación de la FAO, Viale delle Terme di Caracalla, 00153 Roma, Italia o por correo electrónico a copyright@fao.org o a WHO Press, Organización Mundial de la Salud, 20 Avenue Appia, 1211 Ginebra 27, Suiza (fax: +41 22 7914806; correo electrónico: permissions@who.int).

Índice

AGRADECIMIENTOS	iv
PREFACIO	v
PARTICIPANTES EN LA REUNIÓN DE EXPERTOS	vi
SECRETARÍA FAO/OMS	vii
SIGLAS	viii
RESUMEN	xi
1. Introducción	1
1.1 Antecedentes	2
1.2 Objetivos de la reunión	3
1.3 Alcance de la reunión	3
2. Establecimiento de los criterios fundamentales	5
2.1 Propiedades toxicológicas	5
2.2 Eficacia de los procedimientos de limpieza	7
2.3 Factor de dilución	7
2.4 Refinado/elaboración subsiguiente de aceites y grasas	6
2.5 Solubilidad de los posibles residuos contaminantes	8
2.6 Disponibilidad de métodos de análisis	8
2.7 Reactividad con grasas y aceites comestibles	8
2.8 Alergenicidad	9
3. Lista de criterios propuesta	11
3.1 Justificación técnica de cada criterio	11
3.1.1 Criterio 1	11
3.1.2 Criterio 2	12
3.1.3 Criterio 3	13
3.1.4 Criterio 4	13
4. Conclusiones y recomendaciones	15
REFERENCIAS	16
ANEXO I Programa de la reunión	17
ANEXO II Documento de antecedentes	18
ANEXO III Otras fuentes de información	73

Agradecimientos

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y la Organización Mundial de la Salud desean expresar su reconocimiento a los expertos que han contribuido a la elaboración de los criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables para las grasas y aceites. Desean asimismo expresar su reconocimiento a los gobiernos, instituciones e investigadores que respondieron a la solicitud de datos formulada por la FAO y la OMS. Gracias a su colaboración fue posible contar con datos que no resultan fáciles de encontrar en las principales publicaciones especializadas ni en la documentación oficial, y que fueron fundamentales para los debates.

El Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la FAO y el Departamento de Inocuidad de los Alimentos, Zoonosis y Enfermedades de Transmisión Alimentaria de la OMS llevaron a cabo la tarea con la colaboración de el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM), que también elaboró un documento técnico utilizado como base para los debates de expertos.

La Secretaría FAO/RIVM/OMS, integrada por Mary Kenny y Maria de Lourdes Costarrica de la FAO, Wim Mennes y Trijntje van der Velde-Koerts del RIVM y Jenny Bishop de la OMS, preparó el informe de la reunión. Se reconocen con gratitud los conocimientos técnicos y el apoyo aportados por Wim Mennes y Trijntje van der Velde-Koerts a lo largo de todo el proceso.

Este trabajo contó con el apoyo y la financiación del Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la FAO, y con la contribución del Departamento de Inocuidad de los Alimentos de la OMS.

Prefacio

Durante cientos de años, las grasas y aceites comestibles de origen vegetal, animal y marino han sido objeto de comercio y tráfico marítimo, dado que forman parte importante de la dieta humana. El comercio mundial de alimentos, cada vez mayor, ha hecho que el origen geográfico de estos productos se haya ampliado ininterrumpidamente. El número de buques de mar disponibles para el transporte de alimentos es insuficiente para responder al constante comercio de aceites y grasas destinados al consumo humano o que se pueden utilizar a tal efecto. Asimismo, es poco realista esperar que los buques cisterna de transporte marítimo a granel vuelvan vacíos a los puertos de origen tras entregar su carga de grasas y aceites.

La industria ha adoptado una solución práctica que implica el transporte a granel de grasas y aceites en las cisternas de buques de mar que no están exclusivamente dedicadas al transporte de alimentos. Esta práctica comercial da lugar a que muchos productos químicos sean posibles cargas anteriores a las grasas y aceites comestibles. Se están haciendo esfuerzos por garantizar que las cargas de aceites y grasas no se contaminan con las cargas anteriores.

La Comisión del Codex Alimentarius (CAC) ha aprobado el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel (CAC/RCP 36 – 1987 [Rev. 3 – 2005]). Dicho Código se aplica a la manipulación, el almacenamiento y el transporte de todas las grasas y aceites comestibles crudos o elaborados a granel. La Lista de cargas anteriores aceptables del Codex, que se incluirá como Apéndice 2, será parte integrante del Código de Prácticas.

La Lista de cargas anteriores aceptables permitirá el transporte de aceites y grasas a granel en cisternas que se hayan utilizado previamente para transportar sustancias que estén incluidas en ella. En el Comité del Codex sobre Grasas y Aceites (CCFO) y en los periodos de sesiones pertinentes de la CAC se ha examinado detalladamente un proyecto de lista. Hasta la fecha, los Estados Miembros no han sido capaces de finalizar la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex. Un importante problema identificado ha sido la falta de criterios aplicables a la evaluación de las sustancias. En la 19ª reunión del CCFO (y de conformidad con la solicitud del 26º periodo de sesiones de la CAC), se acordó que la FAO y la OMS prestaran asesoramiento sobre el establecimiento de criterios aplicables a las sustancias que habrán de incluirse en la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex.

En respuesta a la solicitud del CCFO, la FAO y la OMS pidieron la colaboración del Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM) para prestar asesoramiento sobre este asunto. Se formularon una solicitud de datos y una convocatoria de expertos con el fin de facilitar la selección de los expertos que participarían en una reunión técnica y de garantizar que se tuviera en cuenta toda la información pertinente. Antes de la reunión, el RIVM preparó un documento de antecedentes solicitado por la FAO y la OMS tomando en consideración todos los datos pertinentes, incluidos los informes y debates previos del CCFO. Se estableció un grupo de debate electrónico (integrado por los expertos seleccionados y por la Secretaría FAO/OMS) con el fin de examinar el documento de antecedentes. La versión revisada de este documento se presentó en la reunión como base de los

debates. En el Anexo II se facilita una versión corregida de dicho documento. Los datos pertinentes presentados como respuesta a la solicitud de datos y la información suplementaria recibida antes de la reunión y en el curso de ésta figuran en los Anexos II y III, respectivamente.

Participantes en la reunión de expertos

Diane Benford

Toxicóloga Principal y Jefa de la Dependencia de Toxicología
Organismo de Normas Alimentarias (FSA)
Londres, Reino Unido

Regina Lago

Investigadora Superior
Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria - Embrapa, Centro de Tecnología Agrícola y Alimentaria (CTAA)
Río de Janeiro, Brasil

Richard Cantrill

Director Técnico
Sociedad Americana de Químicos de Aceites (AOCS)
Urbana IL
Estados Unidos

Thin Sue, Tang

Investigador Superior
Dependencia de Servicios de Asesoramiento Técnico
Consejo del Aceite de Palma de Malasia (MPOB)
Selangor, Malasia

John Hancock

Director Técnico
Federación de Asociaciones de Aceites, Semillas y Grasas (FOSFA International)
Londres, Reino Unido

Secretaría FAO/OMS

Selma Doyran

Oficial Superior de Normas Alimentarias
Secretaría del Codex
Organización de las Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación (FAO)
Roma, Italia

Jenny Bishop

Científico
Departamento de Inocuidad de los Alimentos,
Zoonosis y Enfermedades de Transmisión
Alimentaria
Organización Mundial de la Salud (OMS)
Ginebra, Suiza

Maria de Lourdes Costarrica

Oficial Superior
Servicio de Calidad de los Alimentos y
Normas Alimentarias
Organización de las Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación (FAO)
Roma, Italia

Mary Kenny

Oficial de Nutrición (Garantía de Calidad de
los Alimentos)
Servicio de Calidad de los Alimentos y
Normas Alimentarias
Organización de las Naciones Unidas para la
Agricultura y la Alimentación (FAO)
Roma, Italia

Wim Mennes

Toxicólogo Superior
Instituto Nacional de Salud Pública y Medio
Ambiente de los Países Bajos (RIVM)
Centro de Evaluación de Sustancias y
Evaluación Integrada de Riesgos (SIR)
Bilthoven, Países Bajos

Trijntje van der Velde-Koerts

Químico
Instituto Nacional de Salud Pública y Medio
Ambiente de los Países Bajos (RIVM)
Centro de Evaluación de Sustancias y
Evaluación Integrada de Riesgos (SIR)
Bilthoven, Países Bajos

Siglas

AOCS	Sociedad Americana de Químicos de Aceites
CAC	Comisión del Codex Alimentarius
CCFO	Comité del Codex sobre Grasas y Aceites
Código IBC	Código internacional OMI para la construcción y equipamiento de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel
DRA	Dosis de referencia aguda
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
FEDIOL	Federación de la Industria Aceitera de la UE
FOSFA	Federación de Asociaciones de Aceites, Semillas y Grasas
GC	Cromatografía de gases
GC-MS	Cromatografía de gases combinada con espectrometría de masas
GESAMP	Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino
IDA	Ingestión diaria admisible
IDT	Ingestión diaria tolerable
ILSI	Instituto Internacional de Ciencias de la Vida
IPCS	Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas
ISEO	Instituto de Grasa para Cocinar y Aceites Comestibles
ISO	Organización Internacional de Normalización
ITERG	Instituto Francés de Grasas y Aceites
JECFA	Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios
JMPR	Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas
MARPOL	Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques
MEIC	Ministerio de Economía, Industria y Comercio (Costa Rica)
MPOB	Consejo del Aceite de Palma de Malasia
MVO	Junta Neerlandesa de Producción de Margarinas, Grasas y Aceites
NIOP	Instituto Nacional de Productos de Semillas Oleaginosas de los Estados Unidos
NOAEL	Nivel sin efecto adverso observado
N-PAL	Laboratorios de análisis NP
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
OMI	Organización Marítima Internacional
OMS	Organización Mundial de la Salud
PB	Persistente y bioacumulativo

PBT	Persistente, bioacumulativo y tóxico
RIVM	Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos
SCF	Comité Científico de la Alimentación Humana
SIMUVIMA/Alimentos	Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente/Programa Mixto de Vigilancia y Evaluación de la Contaminación en los Alimentos
SIR	Centro de Evaluación de Sustancias y Evaluación Integrada de Riesgos
TBA	Ácido tiobarbitúrico
UE	Unión Europea
UIQPA	Unión Internacional de Química Pura y Aplicada
UPT	Umbral de preocupación toxicológica

Resumen

En respuesta a una solicitud de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC), la FAO y la OMS convocaron una reunión técnica, en colaboración con el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM), para establecer los criterios aplicables a las sustancias que habrán de ser incluidas en la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex. Se recomienda que el Comité del Codex sobre Grasas y Aceites (CCFO) examine estos criterios cuando finalice la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex mencionada en el Apéndice 2 del Código de Prácticas (CAC, 1987).

Al elaborar los criterios, los expertos consideraron principalmente la evaluación de las cargas anteriores en relación con el transporte por mar de grasas y aceites comestibles en forma de líquidos a granel, y acordaron tener en cuenta únicamente las consecuencias en materia de inocuidad para la salud humana de la presencia de residuos de cargas anteriores. En el caso del almacenamiento o transporte por carretera, ferrocarril o vías navegables interiores, los criterios propuestos pueden ser también aplicables si no existen otras reglamentaciones. Durante el transporte marítimo se producen cambios en la calidad de las grasas y aceites (debidos a la hidrólisis y la oxidación) que se tienen en cuenta cuando las grasas y aceites comestibles se siguen elaborando con fines alimentarios (durante el refinado).

Habitualmente, las cargas anteriores a las grasas y aceites comestibles son sustancias químicas líquidas (en ocasiones a temperaturas elevadas), pastas de partículas sólidas y soluciones de sólidos en agua. El término “comestible” incluye grasas y aceites que se destinan a la industria oleoquímica para su utilización en productos de aseo personal.

Durante las deliberaciones, los expertos examinaron la información general y los debates de anteriores reuniones del CCFO, incluidos los asuntos propuestos para su examen al elaborar los criterios. Esos asuntos eran, entre otros, las propiedades toxicológicas, los procedimientos de limpieza, el factor de dilución de todos los residuos en la carga, la solubilidad de los residuos contaminantes, el refinado de la grasa, la disponibilidad de métodos de análisis, la reactividad y la alergenicidad.

Los expertos decidieron que la única forma práctica de establecer si una sustancia es aceptable como carga anterior debería ser genérica y basarse en el supuesto de las condiciones más desfavorables, dado que no sería realista elaborar un sistema que tuviera en cuenta todas las combinaciones posibles de carga anterior, tipo de construcción de las cisternas, sistema de limpieza y ulterior elaboración de la carga posterior de grasa o aceite.

En conclusión, los expertos identificaron cuatro criterios particularmente importantes en el estudio de las cargas anteriores aceptables para las grasas y aceites comestibles líquidos que se transportan a granel:

1. La sustancia debe transportarse o almacenarse mediante un sistema adecuadamente concebido, con procedimientos de limpieza apropiados seguidos de otros procedimientos de inspección y registro eficaces.
2. Los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no deberían tener efectos nocivos para la salud de las personas. La ingestión

diaria admisible (IDA) (o la ingestión diaria tolerable, IDT) de la sustancia debería ser superior o igual a 0,1 mg/kg de peso corporal al día. Las sustancias para las que no hay IDA (o IDT) numérica deberían evaluarse caso por caso.

3. La sustancia no debería ser un alérgeno conocido.
4. La mayoría de las sustancias no reaccionan con las grasas y aceites comestibles en condiciones normales de transporte y almacenamiento. No obstante, si la sustancia reacciona con las grasas y aceites comestibles, todos los productos de la reacción deben cumplir los criterios 2 y 3.

A continuación se ofrecen las razones que justifican el establecimiento de estos criterios:

- La industria observa estrictos protocolos para garantizar la eficacia de los procedimientos de limpieza, que deben asegurar, si se cumplen, una mínima contaminación de la carga posterior de aceite o grasa. Sin embargo, se sabe que pueden quedar residuos de la carga anterior en las cisternas y las tuberías correspondientes después de la limpieza, los cuales incluso pueden ser absorbidos por las paredes de las cisternas. Para alcanzar la situación más desfavorable, se estimó que tras la limpieza habría un máximo de 100 mg de residuo por kg de grasa o aceite en cisternas revestidas o en cisternas relativamente pequeñas. Esta estimación se utilizó para obtener el criterio toxicológico.
- Los residuos de la sustancia en las cargas posteriores de grasa o aceite no deben tener efectos nocivos para la salud de las personas. Teniendo en cuenta que una IDA (o una IDT) puede estar basada en los efectos de una exposición relativamente breve, y que la dosis de referencia aguda (DRA) se establece para evaluar la exposición en un solo día, aunque no se puede descartar la posibilidad de que se repita la exposición al producto químico, se consideró necesario remitirse a la IDA (o a la IDT) con el fin de proteger adecuadamente la salud pública. Sobre la base de la estimación mencionada, se podría encontrar una carga anterior con una concentración de 100 mg/kg de grasa o aceite. Al estimar la exposición dietética a un contaminante de la carga anterior en grasas y aceites comestibles, en la reunión se estimó una ingestión de 25 g/día de un único tipo de aceite o grasa (basada en las dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos (Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente/Programa Mixto de Vigilancia y Evaluación de la Contaminación en los Alimentos) de la OMS). Teniendo en cuenta un factor de seguridad de 2,5 para los consumidores de ingestiones altas, los expertos coincidieron en que, por lo que respecta a la evaluación de cargas anteriores, el requisito mínimo que proporciona protección suficiente a niños y consumidores de ingestiones altas es una IDA (o una IDT) de 0,1 mg/kg de peso corporal al día.
- Se estimó que la alergenicidad de la carga anterior era importante al considerar la carga anterior aceptable.
- Entre las reacciones más probables de las grasas y aceites comestibles se incluyen la oxidación y la hidrólisis (que normalmente se consideran cambios de la calidad). Por lo demás, las grasas y aceites comestibles son químicamente inertes en condiciones normales de almacenamiento y manipulación. Sin embargo, hay que tener en cuenta la posibilidad de que la

sustancia química de la carga anterior reaccione con la grasa o el aceite y, en ese caso, los criterios para las cargas anteriores deben aplicarse también a los productos de esa reacción.

1. Introducción

En Bilthoven (Países Bajos), tuvo lugar, del 7 al 9 de noviembre de 2006, una Reunión Técnica de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) sobre la Elaboración de Criterios aplicables a Cargas Anteriores Aceptables para las Grasas y Aceites Comestibles transportadas a granel. El Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM) organizó la reunión.

Inauguró la reunión la Dra. Adrienne Sips, Jefa de la Sección de Elaboración de Métodos y Modelos del Centro de Evaluación de Sustancias y Evaluación Integrada de Riesgos (SIR) del RIVM, que expresó el interés del RIVM en contribuir al éxito de la reunión. Ofreció un panorama general del RIVM como centro con experiencia al servicio del interés público, cuyos conocimientos especializados abarcan los ámbitos de la salud pública, nutrición, medio ambiente e inocuidad de los alimentos. Además de participar en redes y foros internacionales, el RIVM ofrece un asesoramiento científico sólido e independiente, y presta apoyo a la vigilancia y detección rápida de amenazas, así como a la evaluación integrada de riesgos.

En nombre de la FAO y la OMS, la Dra. Maria de Lourdes Costarrica, Oficial Superior del Servicio de Calidad de los Alimentos y Normas Alimentarias de la FAO, presentó los objetivos de la reunión y describió los antecedentes de la solicitud de la Comisión del Codex Alimentarius (CAC). Se pusieron de relieve los principios subyacentes del asesoramiento científico que prestan la FAO y la OMS, haciendo hincapié en la necesidad de confidencialidad, generalidad, solidez, independencia, transparencia y consenso de conformidad con los reglamentos y procedimientos de la FAO y la OMS. La Dra. Costarrica agradeció a los expertos y a los organizadores su colaboración con la FAO y la OMS.

El Dr. Wim Mennes, del Instituto organizador, presidió la reunión, permitiendo que los expertos se centraran en los debates. Participaron en la reunión cinco expertos de cuatro países.

Dos de los cinco expertos declararon un posible conflicto de intereses:

- El Sr. Thin Sue Tang es Investigador Superior del Consejo del Aceite de Palma de Malasia (MPOB), que recibe financiación de la industria a través de un sistema de tributación para realizar investigaciones sobre los productos del aceite de palma.
- El Dr. John Hancock está empleado en la Federación de Asociaciones de Aceites, Semillas y Grasas (FOSFA International), organismo que concede contratos internacionales y ejerce como árbitro en relación con el comercio de aceites y grasas comestibles y semillas oleaginosas.

Los participantes en la reunión consideraron que ninguna de las situaciones constituía un conflicto de intereses y que ambos expertos tenían la experiencia práctica necesaria para los debates. Por lo tanto, los dos expertos pudieron participar plenamente en la reunión.

Se informó a los participantes de que la Dra. Diane Benford se incorporaría a la reunión el segundo día debido un compromiso de trabajo previo.

El programa de la reunión, que figura en el Anexo I, se aprobó sin observaciones. En el Anexo II se ofrece una versión corregida del documento de antecedentes que se utilizó para orientar los debates durante la reunión. En el Anexo III figura, además de las referencias incluidas al final del presente informe y de las incorporadas y enumeradas al final del documento de antecedentes, una lista de los documentos y datos que se facilitaron justo antes de la reunión o en el curso de ésta.

1.1 ANTECEDENTES

A menudo, las grasas y aceites comestibles se producen en una región del mundo y se consumen en otra. Por tanto, han de ser transportados por carretera, por ferrocarril, por vías navegables interiores o por mar, y pueden ser almacenados en depósitos en tierra. La industria afirma que es económicamente inviable mantener una flota de buques dedicados únicamente al transporte de grasas y aceites comestibles, ya que tendrían que volver vacíos a sus puertos de origen. El comercio de grasas y aceites comestibles y la industria naviera dependen de la capacidad de los buques para transportar cargas que no sean alimentos antes y después del transporte de grasas y aceites comestibles. Esta práctica comercial implica que se pueden transportar muchas sustancias químicas como cargas anteriores a las grasas y aceites comestibles.

En el marco de la CAC, el Comité del Codex sobre Grasas y Aceites (CCFO) tiene el mandato de elaborar normas aplicables en todo el mundo para las grasas y aceites de origen animal, vegetal y marino, incluidos el aceite de oliva y la margarina.

En el 23º período de sesiones de la CAC se aprobó el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel (ALINORM 99/37, párr. 165 y Apéndice VII). Incluye, como Apéndice 2 (pendiente de elaboración), la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex.

El CCFO ha realizado considerables avances en la elaboración de esta lista, teniendo en cuenta listas suministradas por organizaciones especializadas y partes interesadas. A continuación se ofrece un breve resumen de los logros del Codex en relación con la elaboración de la lista:

- Durante la 17ª reunión del CCFO (febrero de 2001), el Comité acordó enviar el Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables (Apéndice III, ALINORM 01/17) al 24º período de sesiones de la CAC para su aprobación en el trámite 5/8 omitiendo los trámites 6 y 7.
- Varios países consideraron que la lista estaba incompleta, por lo que se elaboró una segunda lista (Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables (Apéndice VI, ALINORM 01/17)) para su debate en el trámite 3 durante la 18ª reunión del CCFO.
- En el 24º período de sesiones de la CAC, se expresó la opinión de que no había criterios y procedimientos claramente definidos para evaluar las sustancias que debían incluirse en la lista como cargas anteriores aceptables; en consecuencia, la CAC no pudo alcanzar un consenso sobre la aprobación de la lista en el trámite 8. La CAC decidió aprobar la Lista de cargas anteriores aceptables únicamente en el trámite 5 y adelantarla al trámite 6 para que el Comité siguiera estudiando las cuestiones planteadas.
- En la 18ª reunión del CCFO, los delegados examinaron las dos listas sometidas a consideración; sin embargo, los debates no fueron decisivos y se

reconoció que la dificultad de la elaboración de criterios para la evaluación de compuestos era un obstáculo importante.

Tanto la 18ª reunión del CCFO como el 26º y el 27º período de sesiones de la CAC solicitaron a la FAO y la OMS asesoramiento científico sobre las cargas anteriores aceptables. La 19ª reunión del CCFO acordó mantener el Proyecto de lista y el Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables en los trámites 7 y 4, respectivamente, para que la 20ª reunión siguiera estudiándolos a la luz del asesoramiento científico de la FAO y la OMS y de cualquier otra información de que se pudiera disponer mientras tanto.

En respuesta a esta solicitud, la FAO y la OMS convocaron una reunión técnica en colaboración con el Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM) para establecer criterios aplicables a las sustancias que se debían incluir la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex mencionada en el Apéndice 2 del Código de Prácticas (CAC, 1987).

Los criterios elaborados por esta reunión se presentarán a la 20ª reunión del CCFO, prevista para febrero de 2007.

1.2 OBJETIVOS DE LA REUNIÓN

- Prestar asesoramiento al CCFO sobre la elaboración de los criterios que se deben utilizar para establecer si son aceptables las cargas anteriores para grasas y aceites comestibles transportados a granel.
- Presentar al CCFO, si procede, asesoramiento científico complementario sobre esta cuestión.

1.3 ALCANCE DE LA REUNIÓN

El documento de antecedentes, que figura en el Anexo II, fue la base de los debates de la reunión. En él pueden encontrarse más detalles sobre la información técnica en la que se basaron los debates y las conclusiones.

En la reunión se acordó que los criterios sobre aceptabilidad de cargas anteriores debían elaborarse únicamente para el transporte por mar de grasas y aceites comestibles en estado líquido a granel. En el contexto del presente documento, el término “comestible” incluye las grasas y aceites destinados a la industria oleoquímica para su utilización en productos de aseo personal (por ejemplo, jabones, cremas). Con esta inclusión se hace necesario tener en cuenta la alergenidad oral y cutánea de una carga anterior.

En la reunión se señaló que la legislación y las reglamentaciones nacionales del almacenamiento y transporte por tierra de grasas y aceites se limitan a las cisternas utilizadas con fines alimentarios; se propuso que, en ausencia de otras reglamentaciones, los criterios pudieran aplicarse también a los sistemas de transporte por tierra y a las cisternas de almacenamiento. Las cargas anteriores habituales para grasas y aceites comestibles son sustancias químicas líquidas (algunas veces a temperaturas elevadas), pastas de partículas sólidas y soluciones de sólidos en agua.

En la reunión se acordó que, al establecer los criterios, sólo se considerarían las consecuencias en materia de inocuidad para la salud de las personas de la

presencia de residuos de cargas anteriores. La contaminación con productos alimenticios y aditivos alimentarios, incluidos los aromatizantes y colorantes, se consideró un cambio en la calidad de los alimentos y, por tanto, quedó fuera del ámbito del presente documento. Durante el transporte marítimo se producen cambios en la calidad de las grasas y aceites (debidos a la hidrólisis y la oxidación) que los comerciantes tienen ya previstos. Esta pérdida de calidad se tiene en cuenta cuando las grasas y aceites comestibles se siguen elaborando con fines alimentarios (durante el refinado). Además, se toman medidas para evitar o reducir en la mayor medida posible dichas pérdidas de calidad (CAC, 1987). Por otra parte, las grasas y aceites comestibles deben cumplir los criterios de calidad establecidos en las normas del Codex (por ejemplo, Normas del Codex 1981a, 1981b, 1981c, 1999a, 1999b).

2. Establecimiento de los criterios fundamentales

De acuerdo con las recomendaciones del CCFO, en la reunión se estudió el trabajo anterior del CCFO, así como los datos presentados en respuesta a la solicitud y la información científica reunida por el RIVM. Se dedicó especial atención a las cuestiones que se formularon en la 17^a y la 18^a reuniones del CCFO para ser tenidas en cuenta al elaborar los criterios¹:

- Propiedades toxicológicas, que incluyen el potencial genotóxico y carcinógeno (se pueden tener en cuenta las opiniones del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) u otros órganos reconocidos).
- Eficacia de los procedimientos de limpieza entre cargas.
- Factor de dilución en relación con la posible cantidad de residuos de la carga anterior y de cualquier impureza que pudiera contener la carga anterior y con el volumen de aceite o grasa transportado.
- Solubilidad de los posibles residuos contaminantes.
- Refinado/elaboración subsiguiente de la grasa o el aceite.
- Disponibilidad de métodos de análisis para detectar cantidades ínfimas del residuo o verificar la ausencia de contaminación.
- Reactividad de las grasas y aceites comestibles con los residuos contaminantes, si corresponde.
- Alergenicidad.

En la reunión se decidió que la única forma práctica de establecer si una sustancia es aceptable como carga anterior debería ser genérica y basarse en el supuesto de las condiciones más desfavorables, dado que no sería realista elaborar un sistema que tuviera en cuenta todas las combinaciones posibles de carga anterior, tipo de construcción de las cisternas, sistema de limpieza y ulterior elaboración de la carga posterior de grasa o aceite. Más adelante se resumen los principales resultados de la reunión para ilustrar cómo se establecieron los criterios definitivos.

2.1 PROPIEDADES TOXICOLÓGICAS

Se consideró que las propiedades toxicológicas de las sustancias eran especialmente importantes para el examen de las cargas anteriores aceptables, por lo que los participantes en la reunión las señalaron como criterio.

Los participantes en la reunión concluyeron que era posible identificar un criterio basándose en el concepto de IDA o de IDT, y propusieron que se considere que esto proporciona una protección suficiente de la salud de las personas incluso si se tiene en cuenta la posible exposición a la misma sustancia procedente de otras fuentes. Se señaló que la IDA (o la IDT) se elabora para evaluar exposiciones durante toda la vida, pero que era muy poco probable que un individuo consumiera habitualmente el mismo tipo de aceite o grasa contaminado con un determinado residuo de una carga anterior. Dado que puede haber efectos tóxicos agudos, se debatió la necesidad de un criterio basado en una dosis de referencia aguda (DRA). Teniendo en cuenta que una IDA (o una IDT) se puede basar en los efectos de una exposición relativamente breve (por ejemplo, efectos tóxicos durante el embarazo) y que la DRA se elabora para evaluar la exposición durante un único día, aunque no se puede descartar la posibilidad de que se repita la exposición a una sustancia química, se

¹ CL 2000/44-FO.

consideró necesario remitirse a la IDA (o a la IDT) para ofrecer una protección suficiente de la salud pública.

Para estimar la exposición a un contaminante de la carga anterior presente en aceites y grasas comestibles, en la reunión se estimó una ingestión de 25 g/día de un único tipo de aceite o grasa. Este valor está basado en la estimación redondeada de la ingestión máxima de un único tipo de aceite o grasa (por ejemplo, aceite de soja refinado) de 22 g por persona y día. Esta estimación se ha tomado de las dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos (Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente/Programa Mixto de Vigilancia y Evaluación de la Contaminación en los Alimentos) de la OMS, que se basan en las importaciones y exportaciones y en las cantidades de distintos aceites y grasas utilizadas por 13 grupos regionales, divididas por el número de habitantes de cada grupo. Aunque sería más adecuado utilizar datos sobre el consumo de alimentos como los que obtienen en el Reino Unido o los Países Bajos, por ejemplo, se reconoce que el número de países en que hay datos como estos es muy limitado. Por esta razón, se ha dado preferencia a las dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS (OMS, 2006a).

De acuerdo con la hipótesis más desfavorable, un residuo de una carga anterior puede estar presente en una concentración de 100 mg/kg de grasa o aceite (véase la eficacia de los procedimientos de limpieza). Suponiendo que un individuo consume como media un máximo de 25 g de un único tipo de grasa o aceite al día, esta concentración daría lugar a una ingestión del residuo de unos 0,04 mg por kg de peso corporal al día en un adulto de 60 kg. No obstante, este cálculo se basa en datos de consumo relativos a adultos. Como consecuencia de su mayor aporte calórico por kg de peso corporal, la exposición dietética de los niños a los contaminantes es a menudo 2,5 veces la de los adultos. Un factor de 2,5 se aplicaría también a los consumidores de ingestión elevada. Por lo tanto, en la reunión se acordó que, a los efectos de la evaluación de las cargas anteriores, el requisito mínimo para proporcionar protección suficiente a niños y consumidores de ingestión elevada sería una IDA (o una IDT) de 0,1 mg por kg de peso corporal al día.

Por lo que respecta a las sustancias que son mutágenas y carcinógenas, o que son mutágenas y respecto de las cuales no hay datos de carcinogenicidad, no se les pueden asignar IDA (o IDT) y están excluidas como cargas anteriores aceptables.

Durante la reunión se reconoció que la IDA (o la IDT) abarca implícitamente la persistencia y la bioacumulación.

Se tuvo en cuenta el hecho de que hay posibles cargas anteriores respecto de las cuales no se dispone de datos sobre toxicidad suficientes para establecer una IDA (o una IDT). Para intentar salvar este obstáculo, se estudió el sistema de umbral de preocupación toxicológica (UPT), pero se decidió que no era útil para la evaluación. Por lo tanto, las sustancias sobre las que no hay datos suficientes deben evaluarse caso por caso. Esto puede dar lugar a una solicitud de nuevos datos sobre toxicidad o a una evaluación de datos bien documentados sobre la toxicidad de sustancias que tengan una estructura análoga a la de la carga anterior que se está considerando. Todas las evaluaciones de este tipo debe llevarlas a cabo el JECFA.

2.2 EFICACIA DE LOS PROCEDIMIENTOS DE LIMPIEZA

Se consideró que la limpieza de las cisternas era especialmente importante para el examen de las cargas anteriores aceptables, por lo que los participantes en la reunión la señalaron como criterio.

El Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino (GESAMP) del Comité correspondiente de la Organización Marítima Internacional (OMI) evalúa todos los productos de limpieza utilizados en las cisternas para el transporte de sustancias químicas. Es importante tener en cuenta los efectos de los productos de limpieza sobre la vida marina y la amenaza que representan para los marineros. Se consideró que la contaminación causada por los productos de limpieza estaba fuera del ámbito de la reunión.

Es posible que queden algunos residuos en la cisterna y las tuberías correspondientes después de la limpieza. Las cisternas para transporte de productos químicos se construyen de acero inoxidable o bien de acero dulce revestido del material adecuado para protegerlas de la corrosión. El nivel de contaminación depende del tipo de cisterna utilizado. La principal diferencia entre los dos tipos de cisterna es el grado de absorción de la carga anterior que se transporta en cisternas revestidas comparado con la absorción casi nula de las cisternas de acero inoxidable. El material absorbido se filtra o se transfiere a distintos ritmos a las cargas posteriores, contaminándolas. Con el fin de alcanzar la situación más desfavorable, se utilizaron cisternas revestidas para estimar la cantidad de la carga anterior que puede estar presente en la carga posterior de grasas y aceites comestibles.

Se consideró poco probable que la contaminación procedente de una carga anterior en buques de mar después de la limpieza fuera superior a 10 mg/kg de grasa o aceite; en cisternas de acero inoxidable es, por lo general, del orden de 1 mg/kg de grasa o aceite (Hancock, 2006a). Sin embargo, la contaminación procedente de cargas anteriores en cisternas revestidas puede llegar a ser de 100 mg/kg de grasa o aceite (Chemserve, 2006; Coutts, 1991; Woods, 2000). Los participantes en la reunión consideraron que la concentración máxima más desfavorable del residuo después de la limpieza sería de 100 mg/kg de grasa o aceite. Dicho valor se basó en la posible contaminación en cisternas revestidas o en cisternas relativamente pequeñas. Esta estimación se ha usado para establecer el criterio toxicológico, es decir, el criterio 2 (sección 3).

2.3 FACTOR DE DILUCIÓN

El factor de dilución hace referencia a los restos² de la carga anterior después de la descarga pero antes de la limpieza de la cisterna. De acuerdo con la hipótesis más desfavorable, se estimó que el nivel máximo de residuos de la carga anterior sería de 100 mg/kg de grasa o aceite después de la limpieza de la cisterna (esto también se aplica a las cisternas relativamente pequeñas). Dado que la limpieza es un criterio fundamental (criterio 1, sección 3), no es necesario incluir como criterio el factor de dilución.

² En el contexto del presente documento, por “restos” se entiende la cantidad de la carga anterior que queda en la cisterna después de descargarla.

2.4 REFINADO/ELABORACIÓN SUBSIGUIENTE DE GRASAS Y ACEITES

Para conseguir la aceptación de los consumidores, las grasas y aceites se refinan de nuevo (normalmente tras el transporte) para eliminar los productos de la oxidación y la hidrólisis. La inmensa mayoría de los aceites de origen vegetal transportados por mar se refinan a la llegada para cumplir las especificaciones sobre calidad alimentaria. Los compuestos hidrosolubles, los pigmentos colorantes, las gomas y los ácidos grasos libres se eliminan aplicando un proceso de desengomado y neutralización y utilizando arcillas blanqueadoras. La última fase de la elaboración de un aceite comestible es la desodorización. Consiste en un proceso de destilación con vapor que se realiza a temperaturas superiores a 220°C y al vacío. Por lo tanto, una gran variedad de sustancias se eliminan fácilmente durante la fase de desodorización, algunas incluso con una presión de vapor saturado de tan solo 1 mPa.

Sin embargo, se señaló que algunos aceites no se refinan (por ejemplo, el aceite de oliva virgen), mientras que otros se transportan por mar tras ser refinados (por ejemplo, el aceite de palma); en consecuencia, como hipótesis más desfavorable se decidió no tener en cuenta el refinado al estimar la posible exposición a los residuos de cargas anteriores. En la estimación más desfavorable de la contaminación de grasas y aceites comestibles (100 mg/kg de grasa o aceite) está implícita la omisión de la fase de refinado.

2.5 SOLUBILIDAD DE LOS POSIBLES RESIDUOS CONTAMINANTES

Una alta solubilidad en agua y una alta presión de vapor facilitan la eliminación de residuos de cargas anteriores. Ambos parámetros son pertinentes con respecto a los procesos de limpieza y refinado. La solubilidad y la presión de vapor son tenidas en cuenta al decidir los procedimientos de limpieza adecuados, y por tanto están implícitos en la estimación más desfavorable de la contaminación de grasas y aceites comestibles (es decir, 100 mg/kg de grasa o aceite). Dado que se consideró que el refinado estaba fuera del ámbito del examen, la solubilidad y la presión de vapor no se incluyen entre los criterios.

2.6 DISPONIBILIDAD DE MÉTODOS DE ANÁLISIS

Existen métodos de análisis idóneos para establecer los residuos en el intervalo de la concentración máxima que se ha supuesto, compatible con un nivel de residuos de 100 mg de la carga anterior por kg de aceite o grasa.

Se reconoció que puede haber contaminación; en la reunión se elaboró un sistema (es decir, los criterios) para asegurar que esta contaminación no representa un riesgo toxicológico cuando se cumplen los criterios. No se propuso ni se consideró necesario establecer niveles máximos que justifiquen estos criterios; en consecuencia, los métodos de análisis para establecer las cargas anteriores en aceites y grasas no se incluyen entre los criterios.

2.7 REACTIVIDAD CON GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES

Se consideró que la reactividad de la carga anterior con grasas y aceites comestibles era especialmente importante al examinar las cargas anteriores aceptables, por lo que los participantes en la reunión la señalaron como criterio.

Las grasas y aceites comestibles son químicamente inertes en condiciones de manipulación normales. Es probable que durante el transporte haya reacciones de oxidación e hidrólisis. Las temperaturas elevadas, la humedad y la presencia de catalizadores como el cobre favorecen la hidrólisis y/o la oxidación. No obstante, los pequeños cambios de calidad del aceite están previstos y se tratan durante el refinado posterior. Prácticas habituales, como cargar desde el fondo de la cisterna, añadir antioxidantes antes de cargar o recubrir con nitrógeno los aceites de alta calidad durante en transporte, pueden reducir el deterioro de los parámetros de calidad.

Sin embargo, debe tenerse en cuenta la posibilidad de que la sustancia química reaccione con las grasas y aceites comestibles en las condiciones de transporte. Las posibles reacciones que están incluidas en las características de calidad normales son la oxidación (peroxidación), la hidrólisis y la saponificación. No obstante, las reacciones con triglicéridos o impurezas de los ácidos grasos de la grasa o el aceite (por ejemplo, metilación o etilación) se deben evaluar toxicológicamente (es decir, criterios 2 y 3, sección 3).

2.8 ALERGENICIDAD

La exposición a sustancias alérgicas de individuos previamente sensibilizados puede desencadenar reacciones perjudiciales graves, incluso a niveles muy bajos. Se consideró que la alergenidad de la carga anterior era especialmente importante al examinar las cargas anteriores aceptables, por lo que los participantes en la reunión la señalaron como criterio.

Además, en la reunión se consideró que eran pertinentes otras cuestiones:

- **Cambios organolépticos.** Se debatieron como posible criterio los cambios en el aceite que pueden dar lugar a un deterioro de la calidad organoléptica (por ejemplo, oxidación, hidrólisis), pero se desestimaron porque se consideró improbable que los aceites afectados entraran en la cadena alimentaria sin ser refinados de nuevo. Se consideró que las características de calidad estaban fuera del ámbito del examen.
- **Contaminación microbiológica.** Las cargas químicas anteriores no son una posible fuente de contaminación microbiológica de las cargas posteriores de grasas y aceites comestibles. Por otra parte, las grasas y aceites comestibles son un sustrato poco propicio para la proliferación de microorganismos. Por estas razones, en la reunión se consideró que la contaminación microbiológica no suponía un posible riesgo para la salud y por lo tanto no era un criterio.
- **Homogeneidad.** Se estudió si existía la posibilidad de que los niveles de residuos estuvieran distribuidos de manera no homogénea en las grasas y aceites comestibles más viscosas, lo que daría lugar a zonas con concentraciones elevadas de residuos de la carga anterior. Las grasas y aceites comestibles se transportan a 10°–15°C por encima de su punto de fusión para garantizar una viscosidad baja. Se concluyó que es poco probable que las grasas y aceites comestibles se distribuyan de forma no homogénea durante el transporte por mar, debido a que se mezclan bien por el bombeo durante la carga y la descarga, a las corrientes de convección y a los movimientos del buque. Por lo tanto, el nivel máximo de residuos estimado, 100 mg/kg de grasa o aceite, se aplicará a todas las muestras de la carga de una cisterna.

- **Cargas anteriores.** Los participantes en la reunión estudiaron si se debían tener en cuenta las cargas inmediatamente anteriores, o las dos o tres anteriores. El nivel máximo de residuos estimado de 100 mg/kg de grasa o aceite se aplica a la carga inmediatamente anterior. Los niveles de residuos de dos o tres cargas anteriores serán más bajos y, por tanto, todas las cargas anteriores (inmediata, segunda o tercera) se tienen en cuenta implícitamente en la estimación más desfavorable de la contaminación de grasas y aceites comestibles (es decir, 100 mg/kg de grasa o aceite).

3. Lista de criterios propuesta

Al evaluar la aceptabilidad de las cargas anteriores para las grasas y aceites, se considera que una sustancia es aceptable cuando cumple los cuatro criterios enumerados en el Recuadro 1.

RECUADRO 1

Criterios propuestos para la evaluación de cargas anteriores aceptables para grasas y aceites	
1.	La sustancia debe transportarse o almacenarse mediante un sistema adecuadamente concebido, con procedimientos de limpieza apropiados seguidos de otros procedimientos de inspección y registro eficaces.
2.	Los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no deberían tener efectos nocivos para la salud de las personas. La IDA (o la IDT) de la sustancia debería ser superior o igual a 0,1 mg/kg de peso corporal al día. Las sustancias para las que no hay IDA (o IDT) numérica deberían evaluarse caso por caso.
3.	La sustancia no debería ser un alérgeno conocido.
4.	La mayoría de las sustancias no reaccionan con las grasas y aceites comestibles en condiciones normales de transporte y almacenamiento. No obstante, si la sustancia reacciona con las grasas y aceites comestibles, todos los productos de la reacción deben cumplir los criterios 2 y 3.

3.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA DE CADA CRITERIO

3.1.1 Criterio 1

La sustancia se transporta o almacena mediante un sistema adecuadamente concebido, con procedimientos de limpieza apropiados seguidos de otros procedimientos inspección y registro eficaces.

Cambios recientes en las reglamentaciones que rigen el transporte por mar de aceites y grasas comestibles a granel exigen que estos productos se transporten en buques cisterna destinados a transportar una carga en un viaje determinado, descargarla, limpiar a fondo la cisterna e introducir la siguiente carga para transportarla a otro puerto. Por tanto, las cisternas están concebidas de forma que se puedan vaciar eficientemente y limpiar eficazmente y que facilite la inspección.

El procedimiento de limpieza de las cisternas de los buques de mar es riguroso y por lo general incluye las siguientes fases:

- Selección de un sistema de limpieza
- Limpieza previa (rociado con agua de mar fría)

- Limpieza (rociado con agua de mar caliente o agua de mar y productos de limpieza)
- Tratamientos finales: aclarado/enjuague con agua dulce, aplicación de vapor, desagüe, ventilación/fregado/secado
- Verificación de los resultados por un superintendente (dentro de la cisterna)

Las cisternas, bombas y tuberías de llenado y vaciado se limpian simultáneamente de forma similar. El administrador del buque debe llevar un registro del contenido de cada cisterna. Asimismo, el inspector del buque mantiene un registro de las inspecciones de cada cisterna inspeccionada antes de introducir la siguiente carga.

En la reunión se recomendó que, para incluir una sustancia en la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex, se siguiera un procedimiento de limpieza reconocido (por ejemplo, Chemserve, 2006; Verwey, 1998) con el fin de eliminar los residuos de esta carga y se mantuviera un registro de la inspección de la cisterna tras la limpieza para verificar dicha limpieza y su idoneidad.

Es posible que queden algunos residuos en la cisterna y las tuberías correspondientes, incluso después de la limpieza. Las cisternas para transporte de productos químicos se construyen de acero inoxidable o bien de acero dulce revestido del material adecuado para protegerlas de la corrosión. El nivel de contaminación depende del tipo de cisterna utilizado. En las cisternas revestidas hay cierto grado de absorción de la carga anterior, mientras que en las cisternas de acero inoxidable la absorción es casi nula. El material absorbido se filtra o se transfiere a las cargas posteriores, contaminándolas. Con el fin de alcanzar la situación más desfavorable, se utilizaron cisternas revestidas para estimar la cantidad de la carga anterior que puede estar presente en la carga posterior de grasas y aceites comestibles. Los participantes en la reunión consideraron que la concentración máxima más desfavorable del residuo es de 100 mg/kg de aceite o grasa. Esta estimación se ha utilizado para establecer el criterio toxicológico (es decir, el criterio 2).

3.1.2 Criterio 2

Los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no deberían tener efectos nocivos para la salud de las personas. La IDA (o la IDT) debería ser superior o igual a 0,1 mg/kg de peso corporal al día. Las sustancias para las que no hay IDA (o IDT) numérica deberían evaluarse caso por caso.

Una evaluación de riesgos toxicológicos puede incluir los riesgos para la salud asociados con la exposición de las personas a residuos de cargas anteriores en las grasas y aceites comestibles.

En relación con cada posible carga anterior, los dos principales datos necesarios son los siguientes:

- una dosis de referencia por debajo de la cual se puede considerar inocua la exposición a esa sustancia química (por ejemplo, la IDA o la IDT);
- una estimación de la exposición.

Sobre la base de la exposición más desfavorable, es posible identificar una IDA (o una IDT) mínima para la que las cargas anteriores no representan un riesgo

toxicológico. Este dato puede utilizarse como criterio para la evaluación de cargas anteriores a una carga posterior de grasas y aceites comestibles.

Se ha señalado que la IDA (o la IDT) se elabora para evaluar exposiciones durante toda la vida. Es muy poco probable que un individuo consuma el mismo tipo de aceite o grasa contaminado con un determinado residuo de una carga anterior todos los días de su vida. En algunas circunstancias, se establecen dosis de referencia para exposiciones de breve duración, en lugar de límites de exposición durante toda la vida. Sin embargo, teniendo en cuenta que algunos efectos tóxicos se pueden producir durante un período de tiempo más breve (por ejemplo, durante el embarazo) y que no se puede descartar la posibilidad de que se repita la exposición a una sustancia química, se consideró necesario remitirse a la IDA (o a la IDT) para ofrecer una protección suficiente de la salud pública.

Por lo que respecta a las sustancias que son mutágenas y carcinógenas, o que son mutágenas y respecto de las cuales no hay datos de carcinogenicidad, no se les pueden asignar IDA (o IDT) y están excluidas como cargas anteriores aceptables. Las sustancias para las que no hay IDA (o IDT) han de ser examinadas caso por caso.

Según la información facilitada con anterioridad en el presente documento, se estima que, en la hipótesis más desfavorable, la concentración de residuos de una carga anterior podría ser de 100 mg/kg de grasa o aceite. Suponiendo que un individuo ingiera un máximo de 25 g de grasa o aceite al día como promedio, esta concentración daría lugar a una ingestión de residuos de unos 0,04 mg/kg de peso corporal al día en un adulto de 60 kg. No obstante, este cálculo se basa en datos de consumo relativos a adultos. Como consecuencia de su mayor aporte calórico por kg de peso corporal, la exposición dietética de los niños a los contaminantes es a menudo 2,5 veces la de los adultos. El factor de 2,5 se aplicaría también a los consumidores de ingestión elevada. Por lo tanto, en la reunión se acordó que, a los efectos de la evaluación de las cargas anteriores, el requisito mínimo para proporcionar protección suficiente también a niños y consumidores de ingestión elevada es una IDA de 0,1 mg por kg de peso corporal al día.

En conclusión, las sustancias que tienen una IDA (o una IDT) menor de 0,1 mg/kg de peso corporal al día no se considerarían aceptables como cargas anteriores desde el punto de vista toxicológico.

3.1.3 Criterio 3

La sustancia no debería ser un alérgeno conocido.

La exposición a sustancias alérgenas de individuos previamente sensibilizados puede desencadenar reacciones perjudiciales graves, incluso a niveles muy bajos. Si en una evaluación del JECFA se han observado indicios de que una sustancia es alérgena, la IDA (o la IDT) no es aplicable a los individuos previamente sensibilizados y la sustancia no se debería considerar aceptable como carga anterior.

3.1.4 Criterio 4

La mayoría de las sustancias no reaccionan con las grasas y aceites comestibles en condiciones normales de transporte y almacenamiento. No

obstante, si la sustancia reacciona con las grasas y aceites comestibles, todos los productos de la reacción deben cumplir los criterios 2 y 3.

Las grasas y aceites comestibles son químicamente inertes en condiciones de manipulación normales. Es probable que durante el transporte haya reacciones de oxidación e hidrólisis, que se ven favorecidas por las temperaturas elevadas, la humedad y la presencia de catalizadores (por ejemplo, el cobre). No obstante, los pequeños cambios de calidad del aceite están previstos y se tratan durante el refinado posterior. Hay prácticas habituales para reducir el deterioro de los parámetros de calidad, por ejemplo, cargar desde el fondo de la cisterna, añadir antioxidantes antes de cargar o recubrir con nitrógeno los aceites de alta calidad durante el transporte.

Sin embargo, es importante contemplar la posibilidad de que la sustancia química reaccione con las grasas y aceites comestibles en las condiciones del transporte. En el caso de que haya una reacción, los criterios relativos a las cargas anteriores deben aplicarse también a los productos de esa reacción.

4. Conclusiones y recomendaciones

Durante la reunión examinaron varios posibles criterios para la aceptabilidad de las cargas anteriores a grasas y aceites comestibles a granel transportados por mar y se concluyó que en la hipótesis más desfavorable, sólo son pertinentes cuatro criterios. Estos criterios se refieren a la limpieza, las propiedades toxicológicas, la alergenicidad y la reactividad con grasas y aceites comestibles. Los criterios se concibieron para ser aplicados al transporte de aceites y grasas comestibles en buques de mar. Sin embargo, en el caso del almacenamiento o el transporte por carretera, ferrocarril o vías de navegación interiores, los criterios propuestos pueden ser aplicables si no existen otras reglamentaciones.

En la reunión se recomendó que el CCFO considerara los criterios propuestos cuando finalizara la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex mencionada en el Apéndice 2 del Código de Prácticas (CAC, 1987).

Referencias³

- CAC (Comisión del Codex Alimentarius).** 1987. *Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel*. CAC/RCP 36-1987 (Rev. 3-2005).
- Chemserve.** 2006. Miracle tank cleaning database (disponible en: <http://www.chemserve-marine.com>). Consultado en octubre de 2006).
- Couts, J.** 1991. *Investigation into contamination of oils and fats by the absorption of previously carried cargo into the tank coating and subsequent release into oil or fat*. Information and Library Service, Felling, Report FLR 67/91R. Datos confidenciales.
- Hancock, J.N.S.** 2006a. Report of tank cleaning group. Federation of Oils, Seeds and Fats Associations, Ltd (FOSFA International). Datos confidenciales.
- Verwey, A.** 1998. *Tank cleaning guide, chemical laboratory "Dr A Verwey", Rotterdam* (6th ed.) (disponible en: <http://www.drverwey.nl>).
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** 2006a. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food)*. GEMS/Food Consumption Cluster Diets (disponible en: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).
- Woods, B.** 2000. Cargo tank coatings and cargo contamination. Milbros Shipping AS. Datos confidenciales.

³ Aquí se enumeran las referencias citadas en el informe principal. Téngase presente que la información suplementaria facilitada antes de la reunión y en el curso de ésta se enumera en el Anexo III.

Programa de la reunión

Elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables para las grasas y aceites

Bilthoven, Países Bajos
7–9 de noviembre de 2006

Bienvenida y presentación	<i>Adrienne Sips</i>
Presentación de los participantes	<i>Wim Mennes</i>
Aprobación del programa	<i>Wim Mennes</i>
Disculpas por ausencia	<i>Wim Mennes</i>
Declaraciones de intereses	<i>Wim Mennes</i>
Asuntos relativos a la confidencialidad	<i>Wim Mennes</i>
Presentación de la reunión (resumen del trabajo previo del CCFO, aclaración del resultado que se requiere de la reunión)	<i>Maria de Lourdes Costarrica</i>
Resumen de los debates por correo electrónico, indicaciones sobre los temas principales; presentación de los criterios fundamentales y de la base técnica y científica	<i>Wim Mennes</i>
Organización de la reunión, panorama general de los procedimientos y debates	<i>Wim Mennes</i>
Examen de los criterios y de los antecedentes técnicos y científicos	<i>Todos los expertos</i>
Finalización del documento técnico y del documento sobre criterios para el CCFO	<i>Todos los expertos</i>

Anexo II

Documento de antecedentes⁴

Índice

1. Antecedentes	20
2. Introducción	21
3. Elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores	23
3.1 Sistemas de transporte y almacenamiento	23
3.2 Cargas anteriores	24
3.3 Grasas y aceites comestibles	25
4. Niveles de contaminación de las grasas y aceites comestibles	26
4.1 Contaminación	26
4.2 Opciones	27
4.3 Niveles de contaminación previstos sin limpieza de la cisterna	27
4.3.1 Cálculo de los niveles de contaminación sin limpieza de la cisterna	27
4.3.2 Especificaciones de las cisternas y las tuberías de suministro	28
4.3.3 Propiedades fisicoquímicas en relación con los residuos de las cisternas	30
4.4 Limpieza de las cisternas	33
4.4.1 Consideraciones generales	33
4.4.2 Propiedades fisicoquímicas en relación con la limpieza	34
4.4.3 Procedimientos de limpieza	36
4.4.4 Verificación de la limpieza	38
4.4.5 Limpieza de cisternas revestidas	40
4.5 Niveles de contaminación previstos después de la limpieza de la cisterna	42
4.5.1 Cisternas de acero inoxidable	42
4.5.2 Cisternas revestidas	43
4.6 Homogeneidad	44
4.7 Contaminación microbiana o patógena	44
4.8 Contaminación alérgica	45

⁴ Se preparó un documento de antecedentes basado en los datos recibidos durante la solicitud de datos y en la información científica reunida por el RIVM, así como en los datos presentados por los expertos. El documento de antecedentes fue objeto de debate a través del correo electrónico y las ideas y preguntas planteadas se incluyeron en el proyecto revisado de documento de antecedentes. A continuación se incluyeron otras observaciones formuladas por los expertos antes de que empezara la reunión. Este documento de antecedentes sirvió de documento técnico principal durante la reunión y se utilizó para orientar los debates.

5. Reactividad de las cargas anteriores con las grasas y aceites comestibles	45
5.1 Reacciones posibles	46
5.1.1 Oxidación	46
5.1.2 Hidrólisis	47
5.1.3 Síndrome del aceite tóxico español	48
5.1.4 Otras reacciones posibles	49
5.2 Condiciones habituales de carga/descarga y transporte/almacenamiento	49
5.3 Inocuidad frente a calidad de las grasas y aceites comestibles	50
6. Cuestiones analíticas	51
7. Refinado de aceites	53
7.1 Opciones	53
7.2 Procesos de refinado	54
7.2.1 Desengomado	54
7.2.2 Neutralización	54
7.2.3 Invernización	54
7.2.4 Blanqueamiento	55
7.2.5 Desodorización	55
7.3 Eliminación de residuos durante el refinado	55
8. ¿Cómo se puede proteger la salud pública?	56
8.1 Consideraciones generales	56
8.2 Dosis de referencia	56
8.3 Estimación de la exposición	58
9. Criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables	62
REFERENCIAS	65
APÉNDICE 1:	
Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables (en el trámite 7 del Procedimiento)	69
Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables (en el trámite 4 del Procedimiento)	73

1. Antecedentes

La Comisión del Codex Alimentarius (CAC) establece normas alimentarias internacionales con el fin de proteger la salud de los consumidores y de garantizar prácticas leales en el comercio internacional. La Organización Mundial del Comercio reconoce que las normas, directrices y recomendaciones establecidas por el Codex son las normas “de referencia” en materia de inocuidad de los alimentos y en el caso de divergencias en el comercio internacional. En el marco del sistema del Codex, el Comité del Codex sobre Grasas y Aceites (CCFO) tiene el mandato de elaborar normas aplicables en todo el mundo para las grasas y aceites de origen animal, vegetal y marino, incluidos el aceite de oliva y la margarina.

En el 23º período de sesiones de la CAC se aprobó el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel (ALINORM 99/37, párr. 165 y Apéndice VII). Incluye, como Apéndice 2, la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex, que está pendiente de elaboración.

El CCFO ha realizado considerables avances en la elaboración de esta lista, teniendo en cuenta listas suministradas por organizaciones especializadas y partes interesadas. A continuación se ofrece un breve resumen de los logros del Codex en relación con la elaboración de la lista:

- Durante la 17ª reunión del CCFO (febrero de 2001), el Comité acordó enviar el Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables (Apéndice III, ALINORM 01/17) al 24º período de sesiones de la CAC para su aprobación en el trámite 5/8 omitiendo los trámites 6 y 7.
- Varios países consideraron que la lista estaba incompleta, por lo que se elaboró una segunda lista (Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables (Apéndice VI, ALINORM 01/17)) para su debate en el trámite 3 durante la 18ª reunión del CCFO.
- En el 24º período de sesiones de la CAC, se expresó la opinión de que no había criterios y procedimientos claramente definidos para evaluar las sustancias que debían incluirse en la lista como cargas anteriores aceptables; en consecuencia, la CAC no pudo alcanzar un consenso sobre la aprobación de la lista en el trámite 8. La CAC decidió aprobar la Lista de cargas anteriores aceptables únicamente en el trámite 5 y adelantarla al trámite 6 para que el Comité siguiera estudiando las cuestiones planteadas.
- En la 18ª reunión del CCFO, los delegados examinaron las dos listas sometidas a consideración; sin embargo, los debates no fueron decisivos y se reconoció que la dificultad de la elaboración de criterios para la evaluación de compuestos era un obstáculo importante.

Posteriormente, tanto la 18ª reunión del CCFO como el 26º y el 27º período de sesiones de la CAC solicitaron a la FAO y la OMS asesoramiento científico sobre este tema. La 19ª reunión del CCFO acordó mantener el Proyecto de lista y el Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables en los trámites 7 y 4, respectivamente, para que la 20ª reunión siguiera estudiándolos a la luz del asesoramiento científico de la FAO y la OMS y de cualquier otra información de que se pudiera disponer mientras tanto. Los proyectos de lista de cargas anteriores aceptables elaborados por el CCFO se incluyen en el Apéndice 1 del presente documento.

En la 17ª y la 18ª reuniones del CCFO se propusieron criterios para la inclusión de sustancias en la Lista de cargas anteriores del Codex⁵. Otras sustancias podrán incluirse tras una evaluación de riesgos adecuada, que tenga en cuenta:

- las propiedades toxicológicas, que incluyen el potencial genotóxico y carcinógeno (se pueden tener en cuenta las opiniones del Comité Mixto FAO/OMS de Expertos en Aditivos Alimentarios (JECFA) u otros órganos reconocidos);
- la eficacia de los procedimientos de limpieza entre cargas;
- el factor de dilución en relación con la posible cantidad de residuos de la carga anterior y de cualquier impureza que pudiera contener la carga anterior y con el volumen de grasa o aceite transportado;
- la solubilidad de los posibles residuos contaminantes;
- cualquier refinado o elaboración subsiguiente de la grasa o aceite;
- la disponibilidad de métodos de análisis para detectar cantidades ínfimas del residuo o verificar la ausencia de contaminación;
- la reactividad de las grasas y aceites comestibles con los residuos contaminantes, si corresponde; y
- la alergenicidad.

La FAO y la OMS, con la asistencia del Instituto Nacional de Salud Pública y Medio Ambiente de los Países Bajos (RIVM), han convocado el presente grupo de trabajo para establecer criterios relativos a las sustancias que se han de incluir en la Lista de cargas anteriores aceptables del Codex mencionada en el Apéndice 2 del Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel (CAC, 1987). Se espera que el Comité pueda elaborar principios de gestión de riesgos que contengan criterios de evaluación para la inclusión de sustancias en las listas de cargas aceptables.

Los criterios que se elaboren durante esta reunión se presentarán en la 20ª reunión del CCFO, que está prevista para febrero de 2007.

2. Introducción

A menudo, las grasas y aceites comestibles se producen en una región del mundo y se consumen en otra. Por tanto, han de ser transportados por carretera, por ferrocarril, por vías navegables interiores o por mar, y pueden ser almacenados en depósitos en tierra. La industria afirma que es económicamente inviable mantener una flota de buques dedicados únicamente al transporte de grasas y aceites comestibles, ya que tendrían que volver vacíos a sus puertos de origen. El comercio de grasas y aceites comestibles y la industria naviera dependen de la capacidad de los buques para transportar cargas que no sean alimentos antes y después del transporte de grasas y aceites comestibles. Esta práctica comercial implica que muchas sustancias químicas son posibles cargas anteriores a las grasas y aceites comestibles.

En la actualidad se pueden clasificar las cargas como:

- prohibidas (el Codex ya ha aprobado la lista de sustancias prohibidas);
- aceptables (la lista está pendiente de elaboración en el Codex); o
- ni lo uno ni lo otro (es decir, la mayoría de las sustancias químicas).

⁵ CL 2000/44-FO.

La razón de que haya tres categorías es el tratamiento que reciben las grasas y aceites comestibles. La Federación de Asociaciones de Aceites, Semillas y Grasas (FOSFA International) es un organismo profesional que concede contratos internacionales, ejerce como árbitro y se ocupa exclusivamente del comercio mundial de semillas oleaginosas, aceites, grasas y cacahuets (maní) comestibles. Aproximadamente el 85 por ciento de los buques que transportan cargas de aceites opera en virtud de un contrato de la FOSFA. El 15 por ciento restante mantiene contratos equivalentes con otras organizaciones.

Un contrato normal de la FOSFA es un contrato basado en una lista de sustancias prohibidas. Esto quiere decir que el comprador aceptará la entrega de aceite siempre que la carga anterior de la cisterna del buque no figure en la lista de sustancias prohibidas. El contrato puede convertirse en un contrato basado en una lista de sustancias aceptables incluyendo una cláusula facultativa acordada por ambas partes. Esta cláusula se conoce como "AS9":

La siguiente cláusula entrará en vigor a partir del 1º de octubre de 2005, inclusive, y se aplicará previo acuerdo entre compradores y vendedores. La carga inmediatamente anterior de la cisterna o cisternas, tuberías y sistemas de bombeo que vayan a contener los aceites o grasas deberá haber sido uno de los productos incluidos en la Lista de cargas anteriores aceptables de la FOSFA que esté en vigor en la fecha del conocimiento o conocimientos de embarque. Se deberán aplicar las restricciones de la Lista de cargas anteriores aceptables de la FOSFA más allá de la carga inmediatamente anterior. Se deberá dejar constancia de este extremo en las declaraciones relativas a las cargas anteriores exigidas por la cláusula sobre documentos de pago y embarque. No se aplicará la referencia que en ella se hace a la Lista de sustancias prohibidas.

Esto significa que el receptor sólo aceptará la carga si la carga anterior de la cisterna figuraba en la lista de sustancias aceptables de la FOSFA. Aunque algunos países y regiones (por ejemplo, la Unión Europea y los Estados Unidos) han incorporado las condiciones de la lista de sustancias aceptables a su legislación nacional, en la mayoría de los países el gobierno o la industria han llevado a cabo una evaluación de los riesgos y se ha aceptado que las condiciones de la lista de sustancias prohibidas son satisfactorias. Por tanto, la mayor parte de las grasas y aceites comestibles que son objeto de comercio en todo el mundo han tenido una carga anterior que no figura en ninguna de las listas. Los contratos de condiciones aceptables se utilizan principalmente con el fin de reducir el posible riesgo para el producto que representan los residuos de la carga anterior.

La Lista de cargas anteriores prohibidas ya está incluida en el Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Aceites y Grasas Comestibles a Granel (CAC, 1987). La Lista de cargas anteriores aceptables del Codex mencionada en el Apéndice 1 del presente documento está en curso de elaboración. Hay dos asuntos pendientes:

- El Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables en el trámite 7
- El Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables en el trámite 4

3. Elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores

3.1 SISTEMAS DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Las grasas y aceites comestibles se pueden transportar por carretera, por ferrocarril, por vías navegables interiores o por mar, o pueden almacenarse en depósitos en tierra, antes o después del transporte.

Tras los debates por correo electrónico, se señalaron dos opciones para limitar el alcance de las deliberaciones sobre la elaboración de criterios aplicables a las cargas anteriores.

Opción 1. Transporte a granel por mar únicamente

Al elaborar los criterios para añadir una sustancia a la lista de cargas anteriores aceptables, únicamente se tiene en cuenta el transporte por mar a granel por las siguientes razones:

- Para una flota de buques dedicados al comercio de productos básicos no es económicamente viable volver vacíos al puerto de origen. El comercio marítimo depende de la flexibilidad para contratar la ruta y las cargas transportadas. El transporte por tierra no tiene la misma necesidad económica que el marítimo de servirse de mercancías que no sean alimentos.
- Las autoridades nacionales deben contar con reglamentaciones y directrices en materia de inocuidad y seguridad de los productos alimenticios (incluidas las grasas y aceites comestibles) transportados por tierra.
- En la Unión Europea (UE), las grasas y aceites comestibles sólo pueden ser transportados en cisternas que se utilicen exclusivamente para alimentos; la única excepción es el transporte por mar a granel (UE, 1996, 2004a, 2004b).

A lo largo de los últimos seis años, la labor del CCFO en materia de cargas anteriores se ha limitado al transporte por mar de grasas y aceites comestibles a granel. Al basar su Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables en las listas de la UE, la FOSFA y el Instituto Nacional de Productos de Semillas Oleaginosas de los Estados Unidos (NIOP), que se aplican al transporte por mar a granel, el CCFO ha confirmado que éste es el ámbito que se debe tener en cuenta. Las gabarras, vehículos ferroviarios, camiones cisterna y cisternas ISO (Organización Internacional de Normalización) dedicados a los productos alimenticios son mucho menos problemáticos, debido a que muchos países (por ejemplo, los de la UE, los Estados Unidos y Malasia) tienen leyes en vigor relativas a los alimentos y a este tipo de transportes. Los mismos criterios se pueden aplicar a las cisternas de almacenamiento. La mayoría de las explotaciones que tienen cisternas de almacenamiento separan las cisternas destinadas a alimentos de las destinadas a otros productos y no cambian su utilización. Sin embargo, si se cambia el uso químico por el alimentario, normalmente se utiliza la lista de la FOSFA.

Opción 2. Transporte a granel por mar o por tierra

El Código de Prácticas (CAC, 1987) se aplica a la manipulación, el almacenamiento y el transporte de grasas y aceites comestibles a granel e incluye depósitos de almacenamiento en tierra, cisternas de buques, vehículos ferroviarios y camiones cisterna y contenedores de líquidos a granel (cisternas ISO). Aunque la mayoría de las grasas y aceites a granel que son objeto de comercio internacional se transportan por mar, puede ser necesario estudiar el ámbito de aplicación del Código de Prácticas aprobado.

La aplicación de distintos factores de dilución afecta a la estimación de los residuos contaminantes. Las relaciones superficie-volumen correspondientes al tráfico por carretera o vía férrea son menos favorables que las del transporte en buques, y los procedimientos de limpieza de cisternas varían según se trate de transporte en buque, por carretera o por ferrocarril. Hay muy poca información disponible sobre el transporte por tierra (volumen de las cisternas, superficie de las cisternas, procedimientos de limpieza de las cisternas, etc.).

3.2 CARGAS ANTERIORES

En la actualidad, las grasas y aceites comestibles se pueden transportar en todo tipo de buques, y su transporte está sujeto a muy pocas reglamentaciones. No hay suficiente capacidad de transporte para designar cargas especializadas.

No obstante, a lo largo de los 10 últimos años, la Organización Marítima Internacional (OMI, organismo de las Naciones Unidas) ha ido revisando las reglamentaciones internacionales que se ocupan de la contaminación marina y de la seguridad de los marineros. Las reglamentaciones de la OMI se aplican a todos los buques de mar y a todos los países, y clasifican a los buques en las categorías 1, 2 o 3. Los buques de la categoría 1 pueden transportar las sustancias más nocivas, y los de la categoría 3 las menos nocivas. El principal resultado de esta revisión ha sido que, a partir del 1º de enero de 2007, las grasas y aceites comestibles deben ser transportados en cisternas químicas de la categoría 2. Se ha manifestado preocupación ante la posibilidad de que no haya suficiente tonelaje de la categoría 2 para garantizar que no se interrumpa el comercio de este tipo de productos de gran volumen. Para hacer frente a esta preocupación se revisó el Anexo II del Convenio MARPOL 73/78 (Convenio internacional para prevenir la contaminación por los buques), que regula el control de la contaminación ocasionada por sustancias líquidas nocivas transportadas a granel en buques (excepto los aceites minerales). Se elaboró la reglamentación 4.1.3 del Anexo II, lo que permite transportar las grasas y aceites comestibles sin modificar indicados con la nota de pie de página (k) en la columna (e) del capítulo 17 del Código internacional OMI para la construcción y equipamiento de buques que transporten productos químicos peligrosos a granel revisado (Código IBC) en cisternas químicas de la categoría 3, a condición de que dichas cisternas cumplan todos los requisitos de la categoría 3 y tengan doble fondo y dobles paredes, de acuerdo con las especificaciones de la reglamentación 4.1.3 (OMI, 2002, 2006a).

Las cisternas químicas de las categorías 2 y 3 con doble fondo y dobles paredes están concebidas para transportar líquidos en un trayecto, descargar en un puerto y embarcar otra carga líquida (con propiedades diferentes) antes de continuar su viaje. Su diseño permite limpiarlas fácilmente y en todas se aplican sistemas de limpieza integral. Las nuevas reglamentaciones exigen que estas cisternas estén separadas del casco del buque y a un metro como mínimo del almacén. Es decir, no se ajustan a las formas del barco, que a veces son complicadas, lo que facilita la limpieza. También debe poderse bombear el contenido casi completo de las cisternas, por lo que están equipadas con bombas de profundidad. Esto reduce los residuos que quedan en la cisterna y rebaja al mínimo la posible contaminación.

A continuación se enumeran las cargas clasificadas en la categoría 1 en el capítulo 17 del Código IBC (OMI, 2006b):

- mezclas de fosfato de alquilarilo
- alquilmetilaminas
- soluciones de hipoclorito cálcico
- parafinas cloradas
- ácido clorosulfónico
- 1,5,9-ciclododecatrieno
- acrilato de decilo
- di-n-adipato de hexilo
- N,N-dimetildodeciclamina
- ter-dodecanetriol
- solución de metam sodio
- tricarbonilo de manganeso metilciclopentadienilo
- N-(2-metoxi-1-metiletil)-2-etil-6-metil cloroacetanilida
- tricarbonilo de manganeso metilciclopentadienilo
- compuestos antidetonantes para combustibles de motores (que contengan alquilos de plomo)
- nonilfenol
- NF ST1 o F ST1 líquido nocivo
- fósforo amarillo o blanco
- hidrocarburos aromáticos policíclicos
- 1,2,3-triclorobenceno fundido
- fosfato de tricresilo

También están limitados a los buques de la categoría 1 de la OMI los aceites minerales (que se tratan en el Anexo I del Convenio MARPOL) (OMI, 2002).

Las sustancias transportadas exclusivamente en buques de la categoría 1 nunca entrarán en contacto con las grasas y aceites comestibles transportados en buques de las categorías 2 y 3. Es probable que las sustancias que necesitan buques de la categoría 1 de la OMI no sean aptas para ninguna lista de sustancias aceptables. Por tanto, un criterio para la inclusión en la lista podría ser que las cargas anteriores no sean transportadas por buques de la categoría 1.

La pasta de caolín se transporta en barcos que llevan grasas y aceites comestibles. Estos tipos de carga se reparten por toda la cisterna, normalmente de abajo arriba, para impedir que se asienten durante el viaje. Deberían incluirse estas cargas, así como las soluciones de sustancias químicas solubles en agua.

Los alimentos (otros aceites, zumos (jugos) de fruta concentrados), aditivos alimentarios y aromatizantes, transportados en estado líquido, pueden ser cargas anteriores. Estas cargas no se incluyen en la lista del capítulo 17 del Código IBC.

3.3 GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES

El asunto de la contaminación por cargas anteriores no es pertinente para el transporte de grasas y aceites (sólidos o líquidos) que se embarcan envasados de diversas formas (en bidones, cartones, botellas, latas) y se apilan en contenedores de 20 toneladas o en palés. El envasado “evita” la contaminación, y lo que es más importante, estas grasas y aceites no se transportan en cisternas aptas para productos químicos (líquidos). Por lo tanto, los criterios propuestos en el presente documento no se aplican a cargas anteriores a grasas y aceites que se transportan envasados.

Al elaborar los criterios para incluir una sustancia en la lista de cargas anteriores aceptada, sólo se han tenido en cuenta las grasas y aceites transportados en estado líquido a granel (a una temperatura adecuada). El término “comestible” incluye las grasas y aceites destinados a la industria oleoquímica para su utilización en productos de aseo personal. En el Cuadro 1 del Apéndice 1 del Código de Prácticas (CAC, 1987) se incluyen aceites no comestibles, como el aceite de ricino, de pescado o de linaza, que se utilizan para elaborar piensos, productos farmacéuticos y productos de aseo personal. Además, muchas grasas y aceites aptos para el

consumo humano se utilizan también para elaborar productos de aseo personal, por ejemplo, la manteca de cacao, de mahua o de galam, el aceite de oliva y el sebo. A menudo, distintas partes compran y venden las grasas y aceites aquí considerados mientras están a bordo. Los aceites crudos (por ejemplo, aceite de coco) pueden ser comprados por una empresa oleoquímica que los venda después a un elaborador de alimentos. Puesto que se comercia con las grasas y aceites aquí considerados antes de que se conozca su destino final y que pueden transformarse en alimentos o productos oleoquímicos, resulta necesario asegurar la inocuidad de todas las materias de calidad alimentaria.

4. Niveles de contaminación de las grasas y aceites comestibles

4.1 CONTAMINACIÓN

- **Código de Prácticas del Codex (CAC, 1969).** La contaminación se define como la introducción o presencia de un contaminante en los alimentos o en el medio ambiente alimentario; un contaminante se define como cualquier agente biológico o químico, materia extraña u otras sustancias no añadidas intencionalmente a los alimentos y que puedan comprometer la inocuidad o la aptitud de los alimentos.
- **Código de Prácticas del Codex (CAC, 1987).** La contaminación puede provenir de residuos de un material utilizado anteriormente con el equipo, de la suciedad, la lluvia o el agua de mar o de la adición accidental de un producto diferente.
- **UE (UE, 1993).** Se entenderá por contaminante cualquier sustancia que no haya sido agregada intencionadamente al alimento en cuestión, pero que sin embargo se encuentra en el mismo como residuo de la producción (incluidos los tratamientos administrados a los cultivos y al ganado y en la práctica de la medicina veterinaria), de la fabricación, transformación, preparación, tratamiento, acondicionamiento, empaquetado, transporte o almacenamiento de dicho alimento o como consecuencia de la contaminación medioambiental. Esta definición no abarca las partículas extrañas tales como, por ejemplo, restos de insectos, pelos de animales y otras.

Únicamente es necesario tener en cuenta la contaminación causada por cargas anteriores. La contaminación proveniente de los productos de limpieza no debería ser tomada en consideración. El Grupo Mixto de Expertos sobre los Aspectos Científicos de la Protección del Medio Marino (GESAMP) del Comité correspondiente de la OMI evalúa todos los productos de limpieza utilizados en las cisternas para el transporte de sustancias químicas. El GESAMP fue creado por varios organismos de las Naciones Unidas en 1967. Su objetivo era prestar asesoramiento a otros organismos y, a través de ellos, a los gobiernos de los Estados Miembros, sobre un problema que empezaba a ser reconocido como una amenaza importante. Desde entonces, el GESAMP se ha reunido periódicamente y en 1993 se ampliaron sus funciones para abarcar todos los aspectos científicos de la prevención, reducción y control de la degradación del medio ambiente marino con el fin de preservar los sistemas de mantenimiento de la vida, sus recursos y su disfrute. Los efectos de los productos de limpieza sobre la vida marina y la amenaza que suponen para los marinos son una consideración fundamental.

4.2 OPCIONES

Tras el debate por correo electrónico, se identificaron dos opciones que debían ser examinadas.

Opción 1. Contaminación procedente de cisternas a las que se aplica un procedimiento de limpieza

No es necesario tener en cuenta los residuos que pueden quedar en las cisternas de los buques que no se han limpiado. Las cisternas se limpian siempre entre cargas excepto en circunstancias muy poco habituales, por ejemplo, si un barco ha transportado metanol (disolvente muy volátil) y carga otro producto químico compatible con el metanol. Las cisternas de los buques siempre se limpian antes de cargar grasas o aceites comestibles. Los propietarios de la carga y los transportistas de grasas y aceites comestibles son conscientes de que forman parte de la cadena alimentaria. Evidentemente, los vendedores y compradores saben que los productos son grasas y aceites comestibles. Una cisterna de tamaño medio (por ejemplo, 3 000 toneladas) de grasas y aceites comestibles tiene un valor, como mínimo, de 1,5–2,5 millones de dólares EE.UU. Ningún comprador, vendedor o transportista pondría nunca en peligro la integridad de la carga, por no hablar de su valor, al no lavar la cisterna antes de cargarla (proceso que puede costar unos 250 dólares EE.UU.). Ninguna aseguradora aseguraría la carga ni pagaría por la contaminación causada por no limpiar la cisterna. Ningún inspector de buques permitiría que la carga de su cliente se introdujera en una cisterna que no estuviera limpia y seca. Por supuesto, es posible que el proceso de limpieza no se lleve a cabo correctamente (por ejemplo, podría quedar una pequeña cantidad de la carga anterior en la parte de las tuberías comprendida entre la bomba y el colector del buque). El superintendente no puede ver esas zonas, aunque inspecciona el final de todas las tuberías. Aunque el agua que se utiliza para limpiar circula por todas las tuberías, se considera que puede ser una fuente de residuos en la carga posterior.

Opción 2. Contaminación procedente de cisternas a las que no se aplica un procedimiento de limpieza

La evaluación de la exposición a (los residuos de) las cargas anteriores se podría realizar caso por caso para cada combinación de carga anterior y buque. No obstante, es preferible aplicar un enfoque más amplio, empezando por suponer que queda cierta cantidad de la carga anterior en las cisternas y tuberías.

4.3 NIVELES DE CONTAMINACIÓN PREVISTOS SIN LIMPIEZA DE LA CISTERNA

4.3.1 Cálculo de los niveles de contaminación sin limpieza de la cisterna

Se propone la siguiente fórmula para estimar los niveles de concentración más desfavorables (en g/kg) de las cargas anteriores en las grasas y aceites comestibles (sin limpieza):

$$\text{Conc} = \frac{\text{Densidad}_{\text{carga anterior}} \times \text{Restos} \times 1000}{\text{Densidad}_{\text{aceite}} \times \text{Volumen}_{\text{cisterna}} \times \text{fracción}_{\text{ocupada}}} \quad (\text{fórmula 1})$$

La cantidad de restos⁶ que quedan en la cisterna y las tuberías de suministro depende, por una parte, de la eficiencia del bombeo y, por otra, de las propiedades fisicoquímicas de la sustancia.

Se puede calcular la cantidad que queda en las paredes de la cisterna y en las tuberías de suministro a partir de la superficie de la cisterna y las tuberías y del espesor de la capa de la carga anterior.

Los restos que quedan en la cisterna (en m³) se calculan utilizando la siguiente fórmula:

$$\text{Restos} = \text{Restos}_{\text{bomba}} + (\text{Superficie}_{\text{cisterna}} + \text{Superficie}_{\text{tubería_suministro}}) \times \text{Capa} \quad (\text{fórmula 2})$$

4.3.2 Especificaciones de las cisternas y las tuberías de suministro

Como se puede ver en la fórmula 1, el nivel de concentración sin limpieza depende de las dimensiones del compartimento de la cisterna. Si se tienen en cuenta las especificaciones de las cisternas y las tuberías de suministro, se puede calcular un intervalo de niveles de contaminación.

- Entre los buques de mar que transportan grasas y aceites comestibles podemos encontrar desde pequeños buques de cabotaje que tienen 1 000 toneladas de carga máxima hasta buques de altura con cisternas para productos químicos que pueden cargar hasta 50 000 toneladas. Hay muchos tipos de cisternas que oscilan entre las 200 y las 6 000 toneladas, cada una con sus propias bombas y tuberías de carga y descarga. Suponiendo que 1 tonelada = 1 m³, los volúmenes oscilan entre 200 y 6 000 m³ (OMI, 2002; Tankers, 2006; CAC, 1987).
- Se supone que las cisternas tienen forma rectangular (según los expertos). Se estima que la superficie correspondiente a los compartimentos de las cisternas de los buques de mar es de 232–4 564 m² (longitud ficticia = 12,5–187,5 m, altura = 4 m, profundidad = 4–8 m; suposiciones efectuadas por los expertos).
- Los buques que navegan por vías interiores oscilan entre las 20 y las 3 000 toneladas o más, y suelen tener una capacidad de carga de 1 000–1 500 toneladas. Se estima que los volúmenes varían entre 20 y 3 000 m³ (Scheldenet, 2000).
- No hay datos sobre cisternas ferroviarias y de almacenamiento.
- El transporte por carretera de cargas líquidas se puede efectuar en barriles (30–450 litros), contenedores (450–3 000 litros) o cisternas (30 m³) (CIW, 2002). Los vehículos terrestres pueden llevar cargas de 40 toneladas como máximo y están compuestos por compartimentos separados de 5 toneladas (Karlshamms, 2006). Tienen una capacidad de 20–58 m³, con un máximo de ocho compartimentos (2,5–7,25 m³ por compartimento) (De Rijke, 2006). La capacidad de las cisternas móviles (vehículos terrestres, ferroviarios, cisternas transportables) no supera normalmente las 100 toneladas (Hancock, 2006b). Habría que centrarse en el transporte en cisternas a granel. Se estima que los volúmenes son de 5–100 m³.
- Se supone que las cisternas tienen forma rectangular (según los expertos). Se estima que la superficie de los compartimentos de las cisternas para carretera/ferrocarril/vía navegable interior/almacenamiento es de 18–166 m²

⁶ En el contexto del presente documento, por “restos” se entiende la cantidad de la carga anterior que queda en la cisterna después de vaciarla.

(longitud ficticia = 1,25–12,5 m, altura = 2 m, profundidad = 2–4 m; suposiciones efectuadas por los expertos).

- Se supone que las tuberías de suministro tienen forma cilíndrica. Se deben tomar en consideración dos tuberías de suministro: la de introducción y la de extracción de grasas y aceites. Suponiendo que se utilice la misma tubería de suministro para extraer la carga anterior e introducir la grasa o aceite en el mismo sistema de cisternas, los mayores niveles de contaminación se prevén durante la introducción de las grasas o aceites. Por lo tanto, sólo es necesario tener en cuenta la superficie de las tuberías de suministro utilizadas para introducir las grasas y aceites. Se estima que la superficie de una tubería de suministro correspondiente a la cisterna de un buque es de 79 m² (longitud ficticia = 50 m, diámetro = 0,5 m; suposiciones efectuadas por los expertos).
- Se estima que la superficie de una tubería de suministro de las cisternas para carretera/ferrocarril/vía navegable interior/almacenamiento es de 6 m² (longitud ficticia = 10 m, diámetro = 0,2 m; suposiciones efectuadas por los expertos). El diámetro de las tuberías de suministro de vehículos terrestres es de 0,08 m (Karlshamms, 2006).
- La fracción ocupada = 0,60. La FOSFA exige que se ocupe más del 60 por ciento de las cisternas de los buques de mar (FOSFA, 2005a).

Resulta sorprendente que las cisternas más pequeñas y las más grandes tengan una relación comparable entre superficie y volumen. Si bien la relación entre superficie y volumen disminuye al aumentar el tamaño de la cisterna, dado que las cisternas de transporte tienen volúmenes limitados (tanto mínimo como máximos), se puede demostrar que dicha relación es del mismo orden de magnitud para todos los tamaños de las cisternas. Por lo que se refiere a los cálculos generales, es razonable suponer que todas las cisternas tienen la misma proporción relativa de 1 m²/1 m³ (Chemserve, 2006).

Se estima que los niveles más desfavorables de concentración de cargas anteriores sin limpieza (densidad _{carga anterior} = 1 800 kg/m³, densidad _{aceite} = 900 kg/m³, fracción ocupada = 0,60, restos _{bomba} = 1 m³, capa = 2 × 10⁻³ m para una carga muy viscosa de 10 000 mPa.s) son (*fórmulas 1 y 2*):

- 5,7–27 g/kg de aceite en los compartimentos de cisternas de buques de mar (200–6 000 m³, superficie 232–4 564 m² para las cisternas y 79 m² para las tuberías de suministro).
- 45–700 g/kg de aceite en los compartimentos de las cisternas de transporte por carretera (5–100 m³, superficie 18–166 m² para las cisternas y 6 m² para las tuberías de suministro).

Suponiendo que la carga media de una cisterna para el transporte de sustancias químicas es de 1 000 toneladas, si se permitiera que 10 g/kg (el 1 por ciento) de la carga anterior se transfiriera a la carga siguiente, habría una contaminación de 10 toneladas en la carga posterior, en cuyo caso nadie transportaría nada por mar. Resulta muy poco probable que un vendedor o receptor acepte la pérdida del 1 por ciento de la carga. Por lo tanto, los niveles de contaminación antedichos son muy improbables.

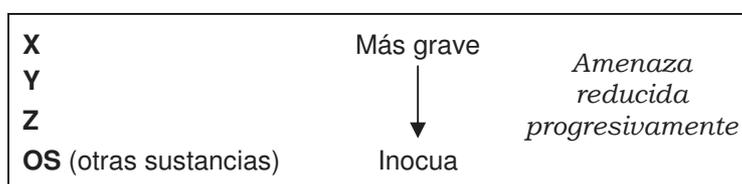
Resulta poco realista tomar en consideración los distintos aspectos técnicos del transporte y el almacenamiento. En consecuencia, se debe tomar una decisión sobre el volumen de la cisterna (y las correspondientes superficies de la cisterna y las tuberías de suministro) que se considera adecuado para las evaluaciones de la aceptabilidad de las cargas anteriores. Las cisternas más pequeñas se corresponden con la situación más desfavorable.

4.3.3 Propiedades fisicoquímicas en relación con los residuos de las cisternas

Se deberían tener en cuenta las propiedades fisicoquímicas de una sustancia al evaluar un determinado “candidato” a carga anterior.

Con respecto a una sustancia de baja viscosidad, es únicamente la eficiencia del bombeo lo que determina la cantidad de restos que quedarán en la cisterna y las tuberías de suministro. Si se trata de una sustancia de viscosidad alta, la cantidad de restos estará determinada tanto por la eficiencia del bombeo como por la cantidad que quede en las paredes de la cisterna y en las tuberías de suministro.

En virtud de las revisiones del Anexo II del Convenio MARPOL 73/78 realizadas en 2007, las cargas químicas que se consideran una amenaza para el medio ambiente se han dividido en cuatro categorías de contaminación (X, Y, Z, OS) según sus posibles efectos:



Se considera que los productos OS no representan una amenaza para el medio ambiente marino y, en consecuencia, no se han reglamentado. Los requisitos relativos al vaciado difieren en función de la fecha de construcción del buque y de la certificación del buque de las cargas que puede transportar:

- Los buques a los que se colocó una quilla el 1º de enero de 2007 o después de esa fecha no deberían sobrepasar los 75 litros en cada cisterna, incluido el sistema correspondiente de tuberías y bombeo (téngase presente que no se permite ninguna tolerancia).
- Los buques a los que se colocó una quilla el 1º de julio de 1986 o después de esa fecha pero antes del 1º de enero de 2007 deberían llegar a 100 litros en las categorías X e Y y a 300 litros en la categoría Z, con una tolerancia de 50 litros.
- Los buques a los que se colocó una quilla antes del 1º de julio de 1986 deberían llegar a 300 litros en las categorías X e Y y a 900 litros en la categoría Z, con un tolerancia de 50 litros (Lloyd’s Register, 2005).

Las grasas y aceites comestibles se transportan en buques de las categorías 2 o 3, que pueden corresponder a las categorías de contaminación X, Y, Z u OS. Por lo tanto, el máximo de residuos es de 75 litros para los buques nuevos y de 950 litros para los antiguos. El límite máximo para los residuos se establece mediante la denominada “prueba de vaciado”, en la que se utiliza agua como carga. Así pues, ese límite máximo está basado en una sustancia no viscosa.

No hay datos disponibles sobre la eficiencia del bombeo en cisternas transportadas por carretera, ferrocarril, vías navegables interiores, o en cisternas de almacenamiento; por lo tanto, se fija la misma cantidad para estas cisternas y los restos bomba por defecto se establecen en 1 m³ (que es el redondeo de los 950 litros correspondientes a los buques antiguos).

El espesor de la capa depende de las propiedades fisicoquímicas de la carga anterior a la temperatura de descarga: viscosidad, volatilidad (presión de vapor) y absorción de la superficie de la cisterna o las tuberías de suministro. Se considera que la absorción es importante en las cisternas de acero dulce con revestimientos orgánicos, pero no en las cisternas de acero inoxidable. En la sección sobre la limpieza se examina la absorción, por lo que aquí no se tiene en cuenta. No hay datos disponibles sobre la cantidad adsorbida o absorbida. Por lo general, hay datos disponibles sobre la viscosidad y la presión de vapor relativos a sustancias entre 20° y 25°C. A temperaturas más altas, la viscosidad es menor y la presión de vapor mayor. Por lo tanto, son preferibles los datos a la temperatura de descarga.

Viscosidad de la carga anterior

La viscosidad de un líquido se define como la medida de las fuerzas que se ejercen contra un fluido cuando se aplica una tensión cortante. La directriz 114 de la OCDE (OCDE, 1981) señala los principios de medición correspondientes a los líquidos newtonianos y no newtonianos. La viscosidad (dinámica) se mide en mPa.s (milipascales por segundo). La viscosidad cinemática es la relación entre la viscosidad (dinámica) y la densidad a una determinada temperatura. Existen varias unidades más para medir la viscosidad (OMI, 2002):

Viscosidad dinámica:	0,01 P (Poise) = 1 cP (centiPoise) = 0,01 g cm ⁻¹ s ⁻¹ = 0,001 N s m ⁻² = 1 mPa.s
Viscosidad cinemática:	1 cSt (centiStoke) = 1 mm ² s ⁻¹

La viscosidad de las cargas líquidas oscila entre 0,2 y 10 000 mPa.s a 20°C (Cuadro 1).

CUADRO 1
Viscosidad de las cargas líquidas

Carga líquida	Viscosidad a 20°C (mPa.s)
Éter dietílico	0,233
Agua	1,00
Etanol	1,2
Ácido sulfúrico	28
Aceite de oliva	84
Aceite de ricino	986
Glicerina	1 490
Miel	2 000–3 000
Melazas de mieles pobres	5 000–10 000

A temperaturas más altas, la viscosidad es menor (Cuadro 2).

CUADRO 2
Relación entre temperatura y viscosidad

		20°C	40°C	60°C
Viscosidad (mPa.s)	Agua:	1,00	0,66	0,47
	Aceite de ricino:	986	231	80

La viscosidad de la carga es un parámetro muy importante cuando se toma en consideración el transporte por mar. Las reglamentaciones revisadas de la OMI establecen que la viscosidad de la carga se considera “alta” si supera los 50 mPa.s a 20°C. La OMI exige que el capitán del buque esté informado de la viscosidad de la carga a 20°C antes de embarcarla. Si la viscosidad supera los 50 mPa.s, el capitán debe estar informado de la temperatura a la que se sitúa por debajo de 50 mPa.s. Si la carga se desembarca a una temperatura más baja, el agua de los primeros lavados de la cisterna no se puede bombear al mar, si no a tierra para su eliminación. La mayoría de los aceites de origen vegetal se cargan y descargan entre 10° y 15°C por encima de su punto de fusión (AFOA, 2006).

Presión de vapor de la carga anterior

La presión de vapor se define como la presión que se ejerce cuando un sólido o un líquido está en equilibrio con su propio vapor. En un equilibrio termodinámico, la presión de vapor depende únicamente de la temperatura. En la directriz 104 de la OCDE (OCDE, 2006) se enumeran siete métodos de determinación de la presión de vapor de una sustancia. A partir de las presiones de vapor a tres temperaturas diferentes, la presión de vapor a 25°C se calcula por interpolación o extrapolación.

La presión de vapor se mide en Pa (Pascuales). Existen varias unidades más para medir la presión de vapor (OMI, 2002):

1 cm Hg = 1,333 × 10 ³ Pa	1 bar = 10 ⁵ Pa
1 atm = 1,01325 × 10 ⁵ Pa	1 mbar = 1 kPa

La presión de vapor es mayor a temperaturas más altas. Se aplican a la presión de vapor las siguientes expresiones (OMI, 2002):

sin evaporación:	< 0,3 kPa
evaporación parcial:	0,3–3 kPa
evaporación rápida:	≥ 3 kPa

Se supone que hay una capa de 0,002 m por defecto (suposición efectuada por los expertos) para una sustancia con una viscosidad muy alta (10 000 mPa.s) y una presión de vapor baja (< 0,3 kPa). Si se dispone de información sobre la viscosidad y la presión de vapor de la sustancia (a la temperatura de descarga), se puede adaptar el valor por defecto del espesor de la capa. Dado que se prevé que la viscosidad tenga un efecto mayor sobre el espesor de la capa, se toma en consideración el valor exacto de la viscosidad, mientras que la presión de vapor se reajusta según un índice de 1,0 – 0,75 – 0,50. Se propone la siguiente fórmula para calcular el espesor de la capa:

<u>Presión de vapor</u>		<u>Capa (expresada en m)</u>
≤ 0,3 kPa	=	1,00 × 0,002 × Viscosidad _{sustancia} /10 000
0,3–3 kPa	=	0,75 × 0,002 × Viscosidad _{sustancia} /10 000
≥ 3 kPa	=	0,50 × 0,002 × Viscosidad _{sustancia} /10 000

(fórmula 3)

Densidad de la carga anterior

La densidad de una carga anterior durante la descarga puede oscilar entre 700 y 1 800 kg/m³. Por ejemplo, a 20°C, la densidad del éter = 710 kg/m³, del aceite = 900 kg/m³, del agua = 998 kg/m³, de la cera o del H₂SO₄ = 1 800 kg/m³. La temperatura durante la descarga puede modificar la densidad de la sustancia. La directriz 109 de la OCDE (OCDE, 1995a) indica que se puede utilizar una gran variedad de métodos para establecer la densidad de una sustancia y se remite a las directrices específicas para su aplicabilidad.

Si se tienen en cuenta las propiedades físicas de la carga anterior (densidad_{carga anterior} = 700–1 800 kg/m³; viscosidad = 0,233–50 mPa.s y presión de vapor < 0.3 a > 3 kPa), se estima que los niveles de concentración más desfavorables de cargas anteriores sin limpieza (restos_{bomba} = 1 m³, densidad_{aceite} = 900 kg/m³) son los siguientes:

- 6,5–17 g/kg de aceite en las cisternas más pequeñas de los buques de mar (200 m³, superficie de las cisternas 232 m² y de las tuberías de suministro 79 m²).
- 260–670 g/kg de aceite en las cisternas más pequeñas de vehículos de transporte por carretera (5 m³, superficie de las cisternas 18 m² y de las tuberías de suministro 6 m²).

Las sustancias que tienen una densidad muy alta, una viscosidad alta y una presión de vapor baja constituyen la situación más desfavorable.

4.4 Limpieza de las cisternas

4.4.1 Consideraciones generales

La limpieza de las cisternas antes de cargar grasas y aceites es un proceso muy importante; de hecho, es un punto crítico de control. El máximo nivel de contaminación posible viene determinado por el alcance del proceso de limpieza. La eficiencia de la limpieza de los sistemas de transporte y almacenamiento y de las tuberías de suministro depende de la capacidad de eliminar la carga anterior con agua, disolventes y/o productos de limpieza, la temperatura a la que se efectúa la limpieza, el tiempo que se tarda en limpiar y el número fases de aclarado.

No hay datos disponibles sobre la limpieza de cisternas para transporte por ferrocarril, carretera o vías navegables interiores o para almacenamiento. Sólo hay datos sobre la limpieza referidos a los buques de mar. El procedimiento de limpieza para cisternas de buques de mar es riguroso y está bien descrito (Chemserve, 2006; Verwey, 1998).

Por lo general la limpieza incluye las siguientes fases:

- Selección de un sistema de limpieza
- Limpieza previa (rociado con agua de mar fría)
- Limpieza (rociado con agua de mar caliente o agua de mar y productos de limpieza)
- Tratamientos finales: aclarado/enjuague con agua dulce, aplicación de vapor, desagüe, ventilación/fregado/secado
- Verificación de los resultados por un superintendente (dentro de la cisterna)

Las cisternas se limpian con máquinas limpiadoras automáticas. Estas máquinas de rociado a alta presión (llamadas Butterworth) tienen un diseño especial y se montan dentro de la cisterna (Butterworth, 2006). En un buque de transporte de productos químicos moderno, las cisternas están concebidas de forma que las Butterworth puedan rociar toda la superficie de las paredes. Las tuberías de bombeo, llenado y vaciado se limpian simultáneamente de forma similar, asegurándose de que se mantiene la presión (Chemserve, 2006).

4.4.2 Propiedades fisicoquímicas en relación con la limpieza

Las propiedades fisicoquímicas de una carga determinan las etapas necesarias para limpiar las cisternas de acuerdo con las normas correspondientes.

Las sustancias solubles y miscibles en agua se limpian fácilmente con agua; la solubilidad de las sustancias puede aumentar a temperaturas más altas. La utilización de productos de limpieza sólo es recomendable para reducir la duración de ésta o para eliminar el olor de sustancias como el fenol (Chemserve, 2006).

La solubilidad en agua se define como la cantidad máxima de sustancia que se disolverá en agua a una determinada temperatura (normalmente 20°C). La directriz 105 de la OCDE (OCDE, 1995b) recomienda utilizar uno de estos dos métodos: el del matraz de agitación o el de levigación en columna. La solubilidad en agua (a 20°C) oscila entre infinito (ácido sulfúrico) e insoluble (ceras). Se aplican a la solubilidad de un líquido en agua las siguientes expresiones (OMI, 2002):

Infinito, completamente soluble, soluble en todas las proporciones, miscible, muy soluble, soluble:	≥ 5% (w/v) o ≥ 50 g/litro
Parcialmente soluble, moderadamente soluble, ligeramente soluble:	0,1–5% (w/v) o 1–5 g/litro
Insoluble, apenas soluble, inmisible, casi insoluble:	< 0,1% (w/v) o < 1 g/litro

Los productos que tienen un punto de fusión elevado deberían lavarse a una temperatura 15°–20°C superior al punto de fusión. Durante el lavado no debería haber agua de lastre o cargas frías junto a la cisterna que se está limpiando, y se debería prestar especial atención a los sistemas de tuberías de líquidos y vapor para

evita la congelación o solidificación en los tramos de tubería fríos. Se recomienda proceder al lavado tan pronto como sea posible tras la descarga (Chemserve, 2006).

Los productos que tienen una viscosidad alta normalmente necesitan un lavado previo a temperaturas más altas utilizando aditivos de limpieza para cisternas. Algunas sustancias viscosas se bombean fuera de la cisterna a altas temperaturas, por lo que el lavado previo no siempre es obligatorio. En general, la viscosidad está estrechamente relacionada con la temperatura y disminuye a temperaturas más altas. Durante el lavado no debería haber agua de lastre o cargas frías junto a la cisterna que se está limpiando. Se recomienda proceder al lavado tan pronto como sea posible tras la descarga. Algunas cargas muy viscosas (aditivos lubricantes o polioles) han de ser limpiadas previamente a temperaturas bajas o moderadas porque suelen causar reacciones no deseadas a temperaturas más altas (Chemserve, 2006).

Los productos que tienen una presión de vapor alta (> 50 kPa a 20°C) pueden ser eliminados de la cisterna por evaporación (ventilación). Los productos que dejan residuos (productos brutos) no deberían limpiarse por evaporación. El contenido de materia no volátil indicado en la especificación del producto es un buen indicador para establecer si el producto dejará residuos. Los productos que contienen inhibidores deben lavarse minuciosamente. Los inhibidores que quedan en la cisterna son difíciles de eliminar y casi siempre tienen una influencia negativa en el lavado de las paredes y en el siguiente producto que se carga. Las cargas que se componen de mezclas con distintas presiones de vapor no deberían limpiarse por evaporación ni someterse a un lavado previo en caliente. La evaporación de las sustancias ligeras de una mezcla puede ocasionar residuos no volátiles cuya eliminación resulta muy difícil (Chemserve, 2006).

Los productos que tienen un punto de inflamación bajo requieren que la temperatura de la limpieza previa esté bastante por debajo (al menos 10°C) del punto de inflamación para evitar las mezclas inflamables. Si ello no fuera posible, debido a que el punto de inflamación es más bajo que la temperatura ambiente, debe eliminarse cualquier fuente de ignición (Chemserve, 2006).

Los productos que tienen una solubilidad limitada o que son insolubles en agua y tienen un peso específico inferior a 1,0 flotarán en el agua; un peso específico superior a 1,0 indica que el producto se hundirá en el agua. Se necesitan productos de limpieza para mejorar la solubilidad en agua de la carga. La selección del producto de limpieza oportuno dependerá de la capacidad de los residuos no solubles en agua para formar emulsiones o jabones o para disolverse en ácidos. Un jabón se forma si una grasa o un aceite reacciona con hidróxido potásico (KOH) para formar glicerina e iones de ácidos grasos. Los productos de limpieza tienen a menudo nombres complicados y están compuestos por agentes formadores de complejos, agentes tensoactivos, aditivos (emulsionantes), KOH (saponificadores) o ácido fosfórico (soluble en ácido) (Chemserve, 2006).

Los productos que suelen polimerizarse (vinilo, vinilideno, compuestos acrílicos o carbonílicos, estireno, óxido de etileno, óxido de propileno, etileno, propileno, isobutileno, butadieno, isopreno) necesitan agua fría (ambiente). El lavado con agua caliente puede dejar residuos poliméricos en cisternas y tuberías, cuya eliminación resulta muy difícil. Para evitar la polimerización causada por la pérdida de la protección de los inhibidores, también se recomienda proceder a un lavado inmediatamente después de la descarga (Chemserve, 2006).

Los productos que no deben entrar en contacto con el agua deben lavarse con un disolvente adecuado que no contenga agua. La limpieza se lleva a cabo con un disolvente adecuado (por ejemplo, éter de butilglicol, metanol, acetona, tolueno, o mezclas 50/50 en volumen de metanol y acetona). Algunas empresas navieras han prohibido los disolventes que tienen un punto de inflamación bajo (como el metanol o la acetona) después de haber sufrido importantes accidentes o explosiones. Es obligatorio un proceso que vuelva inerte el producto y que reduzca el porcentaje de oxígeno a menos del 5 por ciento. Los isocianatos (di-isocianato de metano de difenilo (DIM), di-isocianato de tolueno (DIT)) no deben entrar nunca en contacto con el agua, ni tampoco sus residuos, porque resulta muy difícil eliminar los productos de la reacción y el uretano insoluble. Hay que limpiar el DIM o el DIT con cloruro de metileno y los aditivos lubricantes con aceite básico o gasóleo. En algunas ocasiones un disolvente se combina con un producto de limpieza emulsionante (mezcla de disolvente, agentes tensoactivos y aditivos) (Chemserve, 2006).

Los aceites de origen vegetal y animal secantes y semisecantes reaccionan con el oxígeno para formar una película de polímeros similar al barniz, que resulta muy difícil de eliminar de los mamparos. El calor aumenta la velocidad de la reacción. Por lo tanto, el lavado inicial de estos productos debe llevarse a cabo con agua a temperatura ambiente y sin demora tras la descarga. Se debería evitar que en las cisternas adyacentes hubiera cargas calentadas (Chemserve, 2006).

Los ácidos grasos y los aceites de origen vegetal con un alto contenido de ácidos grasos libres forman residuos blancos pegajosos (jabones de calcio y magnesio) si se limpian con agua dura (por ejemplo, agua de mar). El calor favorece estas reacciones: un aumento de 10°C de la temperatura duplica la velocidad de la reacción química. El mejor método para efectuar una limpieza previa es preparar la cantidad necesaria de agua dulce en una cisterna separada y limpia y añadir un producto adecuado para eliminar la dureza del agua. Si hay que utilizar agua de mar o agua dulce sin tratar en la limpieza, no se podrá evitar la formación de residuos blancos o de una película de polvo blanco (Chemserve, 2006).

Una solución de silicato sódico, si se lava con agua dura, formará silicatos de calcio y magnesio, que son muy difíciles de eliminar. Por lo tanto, una solución de silicato sódico debería lavarse sólo con agua dulce y nunca con agua de mar (Chemserve, 2006).

Las cargas que desprenden olor pueden contaminar una carga sensible, incluso si sólo queda una pequeña cantidad de residuos en las tuberías, válvulas, bombas o juntas. Con el fin de neutralizar el olor de algunos productos químicos (por ejemplo, acrilato, nitrobenzeno, Pygas) se puede recomendar la utilización de un eliminador de olores (que contenga NaOH, jabón, fosfatos, silicatos). Este producto debería utilizarse en combinación con un emulsionante (que contenga agentes formadores de complejos, agentes tensoactivos y aditivos). La cisterna debería limpiarse mediante recirculación para garantizar la total eliminación de la carga que desprende olor (Chemserve, 2006).

4.4.3 Procedimientos de limpieza

Selección de un sistema de limpieza

Tras examinar detenidamente las propiedades y condiciones, se pueden planear con detalle las etapas de limpieza. Se deberían describir los parámetros operativos para cada etapa (método de limpieza, temperatura, medio de limpieza y duración de

ésta). Las guías de limpieza de cisternas indican qué sistema de limpieza se debe utilizar para cada sustancia (medio de limpieza, temperatura, duración) antes de cargar grasas y aceites comestibles. Normalmente hay que distinguir entre dos normas de limpieza: blanco agua y alta pureza. La norma de alta pureza se exige para productos alimenticios y farmacéuticos (Chemserve, 2006).

Limpieza previa

La limpieza previa es la primera etapa, que normalmente se lleva a cabo con agua de mar o agua dulce sin productos de limpieza con el fin de eliminar la mayor parte de los residuos. La temperatura a la que se lleva a cabo la limpieza y la temperatura de las cisternas adyacentes son parámetros importantes para que una limpieza resulte satisfactoria. Cuando el agua no está permitida, la limpieza previa se efectúa con un disolvente adecuado. Normalmente la limpieza previa dura varias horas, y cuanto antes se efectúe tras la descarga, más fácil resultará eliminar los residuos. La limpieza previa es muy importante, porque es muy difícil obtener un resultado satisfactorio si se comete un error al principio (Chemserve, 2006).

Limpieza

La limpieza es la secuencia de etapas que se debería llevar a cabo con el fin de eliminar prácticamente todos los residuos. Se puede efectuar combinando la ventilación (sólo para productos volátiles), el rociado, la recirculación y/o la aplicación de vapor.

Para que la limpieza de algunas cargas sea eficiente es necesario utilizar productos de limpieza. La mayoría de estos productos son aditivos que se utilizan en combinación con el agua para mejorar la solubilidad en agua de la carga que se debe limpiar. Sólo unas pocas cargas que no se pueden limpiar con sistemas basados en el agua necesitan disolventes no basados en el agua (en ocasiones combinados con emulsionantes). Para neutralizar el olor de algunos productos químicos, puede recomendarse la utilización de un eliminador de olores combinado con un emulsionante. Para la mayoría de las cargas existen diversos productos de limpieza. Estos productos deben estar aprobados por la OMI. Las guías de limpieza recomiendan las concentraciones, los tiempos y las temperaturas que han de observarse en las etapas de limpieza finales para lograr un resultado satisfactorio. Habitualmente, la limpieza se prolonga algunas horas.

La aplicación de vapor consiste en introducir vapor saturado en la cisterna para evaporar los residuos volátiles (eliminación de olores). El vapor se condensará en la superficie de la cisterna. Por lo general, la temperatura debería ser lo más alta posible durante la aplicación de vapor. Los resultados mejorarán si las cisternas adyacentes (incluidas las cisternas de lastre) están vacías (Chemserve, 2006).

Tratamientos finales

Para eliminar cantidades ínfimas de residuos, productos de limpieza, disolventes y agua de mar y alcanzar el nivel de limpieza requerido es necesaria la siguiente secuencia de etapas:

- **Aclarado/enjuague.** Una máquina limpiadora rocía las paredes de la cisterna con agua (normalmente dulce) para aclarar el agua que contiene cloruros y las cantidades ínfimas de contaminantes de la superficie de la cisterna. Si es necesario, se puede utilizar una solución saneadora. Para lograr resultados óptimos el contenido de cloruros del agua debe estar por debajo de 0,1

mg/litro (agua destilada, agua desionizada, agua desmineralizada mediante microfiltración).

- **Aplicación de vapor.** La introducción de vapor saturado en la cisterna reduce los niveles de cloruros. Si el nivel de cloruros del agua es demasiado alto, a menudo la única opción viable es utilizar vapor para eliminar los cloruros. Es evidente que la calidad del vapor depende de la construcción de la caldera. Si el vapor tiene unos niveles de cloruros aceptablemente bajos, la aplicación de vapor es un buen método para reducir los niveles de cloruros. Si se utiliza vapor para eliminar los cloruros, las paredes deberían estar frías (al contrario de lo que sucede en el método de evaporación descrito anteriormente). Así se logra que el agua se condense y que la película de agua que cae por las paredes de la cisterna elimine los cloruros.
- **Ventilación/fregado/secado.** La ventilación elimina el agua, la humedad y el olor, lo que se logra normalmente forzando la circulación del aire; el fregado reduce el tiempo de secado si quedan charcos de agua en el fondo de la cisterna; hay que secar muy cuidadosamente (Chemserve, 2006).

4.4.4 Verificación de la limpieza

El procedimiento de limpieza está estipulado en el contrato y se comprueba mediante una inspección visual del interior de la cisterna. Por consiguiente, el alcance máximo posible de la contaminación está determinado por el volumen mínimo visible o por el alcance de la adherencia o absorción tras el proceso de limpieza.

El Código de Prácticas para superintendentes de la FOSFA exige que las cisternas del buque, una vez limpias, sean inspeccionadas por superintendentes autorizados e independientes antes de cargar aceite en el buque. Esto sólo puede realizarse entrando en la cisterna. Debe inspeccionarse la cisterna y el resto del equipo (máquinas de limpieza, bombas, tuberías de suministro, tuberías ciegas, juntas, serpentines de calefacción) que haya entrado en contacto con la carga. También debería comprobarse toda la cisterna en lo referente al olor y la humedad. También se puede aplicar un método de rociado manual para corregir las deficiencias de la limpieza que se detecten durante la inspección de la cisterna.

Si la carga posterior exige una norma de alta pureza (como sucede con las grasas y aceites comestibles), debe realizarse una prueba de lavado de las paredes (véase *infra*). Normalmente, es el encargado de realizar la carga el que establece los requisitos de la prueba. Si las paredes de una cisterna de acero inoxidable están amarillentas o presentan manchas de óxido puede que sea necesario realizar una operación de decoloración, decapado o pasivación (Chemserve, 2006).

- **Decoloración.** La parte amarillenta de la cisterna o del revestimiento se puede eliminar mediante el método “de decoloración”. En lo que respecta a los grupos azoicos (-N=N-) se puede eliminar mediante rociado o recirculación con una solución de hipoclorito sódico al 0,5-2 por ciento. Si esto no da resultado, la aplicación de vapor o de un disolvente vaporizado puede ser útil.
- **Decapado.** El decapado consiste en eliminar de la superficie de acero inoxidable cualquier costra debida a las altas temperaturas y cualquier capa de metal de cromo adyacente mediante la aplicación de ácido nítrico (HNO₃) y ácido fluorhídrico (HF) para devolver al acero inoxidable su resistencia a la

corrosión. Las soluciones decapantes también eliminan contaminantes como las partículas de óxido férrico y óxido ferroso.

- **Pasivación.** La pasivación consiste en el tratamiento de la superficie de acero inoxidable, a menudo con soluciones o pastas de ácido nítrico (HNO_3), para eliminar contaminantes y favorecer la formación de una película pasiva en una superficie recién creada (mediante esmerilado, fresado o daños mecánicos).

Es muy importante que todos los ácidos se eliminen completamente aclarando los componentes tras completar el proceso.

Si la inspección resulta satisfactoria, los superintendentes rellenan un “certificado de limpieza de la cisterna”, que incluye también una sección sobre la idoneidad de la cisterna para recibir los aceites. Este certificado se envía al vendedor y al comprador de los aceites y garantiza que la limpieza se ha llevado a cabo de manera satisfactoria. Las cisternas que no estén limpias o que estén en mal estado se rechazan en virtud de las obligaciones contractuales (Chemserve, 2006).

- **Prueba de lavado de las paredes.** No es fácil realizar pruebas analíticas de la limpieza de las cisternas, porque resulta difícil obtener una muestra representativa de la superficie de la cisterna. Normalmente la muestra se obtiene mediante la denominada prueba de lavado de las paredes, que requiere rociar una porción limitada de la superficie limpia de la cisterna con un disolvente muy activo (100 ml de metanol). Se deben seleccionar, como mínimo, cuatro zonas de aproximadamente 10×120 cm (1,2 pies cuadrados) cada una en todas las cisternas. Se debería someter a una prueba específica toda zona que presente depósitos cristalinos o manchas amarillentas. El líquido se recoge con un embudo y se puede analizar utilizando el método exigido por el fletador (Chemserve, 2006).
- **Prueba de tiempo del permanganato.** La prueba de tiempo del permanganato se utiliza para establecer la presencia de materiales oxidables. Se basa en la capacidad del permanganato potásico (KMnO_4) de oxidar las impurezas de hidrocarburos que pudieran estar presentes en el líquido de lavado de las paredes. Si hay reacción en una solución neutra, el permanganato potásico se reduce y cambia su color de rosa anaranjado a amarillo anaranjado. Después de transcurrido un tiempo, que normalmente fija el encargado de realizar la carga del producto siguiente, el cambio de color de la muestra en relación con el color de referencia indica si hay o no impurezas en la muestra.
- **Miscibilidad en agua (prueba de hidrocarburos).** El objeto de esta prueba es la detección cualitativa de contaminantes no solubles en agua. Se basa en que muchas impurezas son solubles en el líquido de lavado de las paredes (metanol, acetona) pero no en agua. Se vierte una pequeña cantidad de líquido de lavado de las paredes en agua limpia de forma que las impurezas la enturbien. El agua que contiene líquido de lavado de las paredes se compara con agua pura. Si el agua permanece turbia al cabo de 30 minutos, es porque todavía quedan hidrocarburos en la superficie de la cisterna.
- **Prueba de cloruros.** Esta prueba se utiliza para establecer la presencia de cloruros en los mamparos. Los niveles de cloruros oscilan entre 0,1 y 0,5 mg/kg en función de las exigencias del fletador. Los cloruros reaccionan con una solución de nitrato de plata/ácido nítrico para formar cloruro de plata (AgCl) que enturbia la solución. Comparando la solución de la muestra con las

distintas soluciones de referencia preparadas, se puede establecer la presencia de cloruros (ppm) en el líquido de lavado de las paredes.

- **Prueba ultravioleta.** Esta prueba se utiliza para identificar determinados hidrocarburos y productos químicos. Muchos hidrocarburos y productos químicos son capaces de absorber la luz ultravioleta a la que son expuestos. Algunos electrones de las moléculas resultan excitados si son expuestos a esta luz. La excitación da lugar a la absorción de luz, que se puede medir. La absorción en una longitud de onda específica es una medida de la concentración de determinados compuestos.
- **Lavado con ácido.** La prueba de lavado con ácido se utiliza para determinar la presencia de benceno, tolueno, xilenos, disolventes de nafta refinados e hidrocarburos aromáticos industriales similares. Esta prueba también se utiliza para detectar impurezas en el metanol. Con ella se pueden detectar compuestos que causan un oscurecimiento debido a la carbonización en presencia de ácido sulfúrico concentrado.
- **Prueba de color.** Algunas impurezas causan la decoloración de la muestra de líquido de lavado de las paredes. El color de este líquido se compara con un disolvente para el lavado de las paredes sin utilizar. En general, se mide el denominado color Alfa.
- **Prueba de materias no volátiles.** Esta prueba se utiliza para determinar si hay impurezas no volátiles en la superficie de la cisterna. Se evapora una cantidad determinada del líquido de lavado de las paredes. Se pesan los residuos (las denominadas materias no volátiles) y se divide el resultado por el peso original de la muestra. El contenido de materias no volátiles no debe superar el valor especificado por el encargado de realizar la carga.
- **Prueba de la demanda química de oxígeno.** Algunas empresas han aplicado una prueba denominada demanda química de oxígeno para establecer la presencia de impurezas. Las impurezas se extraen por medio de un disolvente y se analizan con un oxidante, como el cromato potásico.

4.4.5 Limpieza de cisternas revestidas

En lo que respecta a la limpieza de las cisternas revestidas (a diferencia de las cisternas de acero inoxidable), hay que tener en cuenta otra serie de cuestiones.

Revestimiento de silicato de zinc

El revestimiento de silicato de zinc es un sistema de pintura anticorrosiva basado en el polvo de zinc (86 por ciento del peso) con algunos aditivos y un aglutinante. Los revestimientos de silicato de zinc son intrínsecamente porosos, lo que ocasiona una serie de problemas en lo referente a la limpieza. Se supone que la carga se introduce en los poros y capilares. Los revestimientos de silicato de zinc son resistentes a los disolventes, pero no a los ácidos y bases fuertes. Liberan las cargas volátiles muy rápidamente, pero retienen las cargas no volátiles del tipo de los aceites. La limpieza del revestimiento es similar a la regeneración de un lecho de adsorción. Se lleva a cabo normalmente aplicando calor hasta alcanzar el punto de ebullición del líquido o, si es posible, superarlo. La desorción es relativamente rápida, siempre que se den los parámetros necesarios (temperatura y medio para transportar la sustancia).

La eliminación de líquidos volátiles (presión de vapor apreciable, punto de ebullición bajo) puede ser relativamente sencilla si se efectúa una limpieza previa con agua templada o caliente o con vapor, en función de la volatilidad del líquido.

Resulta muy difícil eliminar los líquidos no volátiles (presión de vapor insignificante, punto de ebullición alto), puesto que debería alcanzarse una temperatura muy alta para evaporar el líquido (por ejemplo, aceites de origen mineral o vegetal). Por lo tanto, la carga debe disolverse en los poros y capilares, para lo cual normalmente es necesario un limpiador con gran capacidad de disolución (metanol). La principal dificultad que se encuentra al disolver una carga no volátil durante la limpieza de una cisterna es el tiempo de contacto relativamente breve del líquido. La solución ideal es transportar una carga con gran capacidad de disolución y prescripciones de limpieza poco exigentes.

En determinados casos, sobre todo en lo relativo a los revestimientos de silicato de zinc contaminados con residuos no volátiles persistentes, es necesario aplicar un disolvente vaporizado para eliminar estos residuos. El disolvente que se utiliza más frecuentemente para este fin es el tolueno. Las concentraciones necesarias para que la limpieza de los residuos no volátiles sea eficaz superarán siempre la baja conductividad eléctrica del tolueno, por lo que se producirá una mezcla inflamable en la cisterna. Debe reducirse el contenido de oxígeno de la cisterna hasta un porcentaje inerte inferior al 5 por ciento antes de vaporizar el tolueno para eliminar el riesgo de explosión (Chemserve, 2006).

Revestimientos epoxídicos

Los diferentes tipos de epóxido (epóxido puro, epóxido fenólico, epóxido de isocianato) forman entrecruzamientos en diferentes medidas, que dan lugar a una resistencia relativamente alta a una amplia variedad de cargas. Las películas de resinas de epóxido fenólico (epoxi novolaca) son las que tienen la mayor resistencia a los productos químicos. Los sistemas epoxídicos son resistentes a muchos ácidos y álcalis fuertes y no absorben las sustancias como el aceite. Los revestimientos epoxídicos tienden a absorber las cargas del tipo de los disolventes. La absorción se origina por la dilatación y el subsiguiente reblandecimiento del revestimiento. La dilatación reduce la densidad del revestimiento y permite que se introduzcan en él moléculas de la carga. Algunas cargas pueden incluso enlazarse químicamente al revestimiento mediante fuerzas moleculares. Normalmente, la absorción de la carga alcanza el máximo nivel (equilibrio) en un par de días y permanece constante durante el resto del viaje. La tasa de absorción y la cantidad de carga absorbida dependen del tipo de carga. Después del transporte de cargas agresivas (metanol, dicloruro de etileno, acetona, monómero de acetato de vinilo, ciclohexanona) hay que ventilar las cisternas revestidas hasta que la carga se haya desorbido (liberado) del revestimiento, con lo que éste se endurece y remite la dilatación. La desorción (eliminación) de los residuos de la carga del revestimiento mediante ventilación empieza rápidamente. Tras un par de días, ya no hay una pérdida significativa de la carga retenida. La desorción llega a un punto muerto antes de que el revestimiento haya expulsado toda la carga. La cantidad que queda varía en función del tipo de revestimiento, el espesor de la película y el tipo de carga. No se puede utilizar agua para la limpieza hasta que ha terminado el proceso de ventilación. Si quedan residuos, probablemente se disolverán durante el lavado de las paredes con metanol, que volverá a dilatar el revestimiento y extraerá los residuos con su gran capacidad disolvente.

Si el revestimiento no es blando, la ventilación no es necesaria y se aplican los procedimientos de limpieza habituales. Si el revestimiento es blando, se debería ventilar la cisterna durante 24 horas por lo menos después de la descarga, o durante más tiempo si el sistema de revestimiento no se ha recuperado completamente. Se puede acelerar la desorción de una carga aumentando la temperatura. Las cargas que tienen una densidad de vapor mayor que el aire deben eliminarse forzando la circulación del aire para evitar la acumulación en el fondo de la cisterna. La ventilación debe llevar aire deshumedecido al punto más bajo de la cisterna. Asimismo, los polvos extractivos deben alcanzar el punto más bajo de la cisterna para facilitar la eliminación de los vapores del disolvente. No se debería utilizar agua ni vapor antes de que el sistema de revestimiento se recupere por completo para evitar efectos contraproducentes en el revestimiento (Chemserve, 2006).

4.5 NIVELES DE CONTAMINACIÓN PREVISTOS DESPUÉS DE LA LIMPIEZA DE LA CISTERNA

4.5.1 Cisternas de acero inoxidable

Un superintendente que llevara a cabo la inspección de un buque de mar repararía sin duda en unos 10 kg de cualquier producto que quedaran en la cisterna después de la limpieza. Podría haber 1 kg más de la carga anterior retenido en las tuberías de bombeo correspondientes. El producto que ve el superintendente es el volumen de agua del aclarado, no la carga anterior. Probablemente, la concentración del agua del aclarado será menor del 1 por ciento (en peso) o, en un caso más desfavorable, del 10 por ciento (en peso) como consecuencia de unas prácticas deficientes de limpieza. El nivel máximo del 10 por ciento (en peso) de la carga anterior en el agua del aclarado se corresponde con los $0,1 \times (10 + 1)$ kg de la carga anterior que pueden quedar en la cisterna tras la limpieza.

Por lo que se refiere a la cisterna más pequeña de un buque de mar, de 200 m³ y llena en un 60 por ciento de su volumen con aceite, el nivel máximo de contaminantes es de $0,1 \times (10 + 1)$ kg por $(0,6 \times 200 \text{ m}^3) = 0,0092 \text{ kg/m}^3$ en la carga posterior. Suponiendo que la densidad del aceite es de 900 kg/m³, esta cifra equivale a un nivel de contaminación de 10 mg/kg.

Se han realizado experimentos en los que las cisternas de acero inoxidable de tres buques diferentes se llenaron con una determinada carga, se descargaron, se limpiaron y se volvieron a llenar con otra carga (que no era un aceite). Se analizó el nivel de contaminación de la segunda carga antes de introducirla, a intervalos durante la introducción y al descargarla. Los niveles de contaminación en los tres buques en el momento de la descarga eran $< 0,01$, $0,045$ y $< 0,05$ mg/kg (Hancock, 2006a).

Es muy poco probable que la contaminación originada por una carga anterior en buques de mar sea superior a 10 mg/kg, y por lo general es mucho más baja. Las pruebas de eficiencia de la limpieza han demostrado que es probable que el orden de magnitud sea de 1 mg/kg aproximadamente.

Se logra el mismo nivel de concentración independientemente de las propiedades fisicoquímicas de la sustancia. Aunque este resultado es contrario a lo esperado, el proceso de limpieza se adapta a cada sustancia concreta de forma que se logra el mismo nivel de concentración final para todas las cargas anteriores.

El órgano rector (Consejo) de la FOSFA acordó hace muchos años que cualquier miembro que sufriera la contaminación de una carga informara a la FOSFA de las circunstancias utilizando un formulario normalizado. Este requisito se ha reafirmado periódicamente mediante el envío de circulares a los miembros. El registro de estas contaminaciones muestra que no ha habido más de 20 casos en que quedaran residuos de cargas anteriores en grasas y aceites comestibles desde 1992. En la mayoría de estos casos, los niveles han estado por debajo de 10 mg/kg y frecuentemente han procedido de segundas cargas anteriores de dicloruro de etileno y monómero de estireno, que son sustancias extraordinariamente persistentes en las cisternas revestidas. Hay unos pocos casos de contaminación más elevada debido a la ruptura de un mamparo que separaba las cisternas, y también dos casos de adulteración intencionada de las cargas, lo que constituye un fraude y queda fuera de cualquier reglamentación.

En resumen, los niveles de contaminación previstos tras la limpieza de cisternas de acero inoxidable se sitúan en un intervalo de 1 a 10 mg/kg.

4.5.2 Cisternas revestidas

Los revestimientos orgánicos pueden absorber una parte de la carga durante un viaje, lo que constituye una de las principales razones para que el comercio se efectúe con arreglo a una lista de cargas aceptables. Se disponía de distintas informaciones de las que se podía desprender una indicación del alcance de los procesos de absorción y desorción.

La absorción de una carga en las cisternas con revestimientos orgánicos (normalmente resina epoxídica) es una de las principales razones por las que algunos receptores exigen que la carga anterior de la cisterna forme parte de la lista de cargas aceptables. Si bien gran parte de la carga absorbida se desorbe durante el proceso de limpieza de las cisternas (con ayuda de altas temperaturas), no cabe duda de que parte de la carga anterior permanece en el revestimiento y puede desorberse en la carga posterior. El que esto suceda dependerá de la solubilidad de los residuos de la carga anterior en la carga posterior de grasas y aceites comestibles.

Se han llevado a cabo experimentos en los que se sumergieron paneles de acero revestido en una carga, se limpiaron de conformidad con los protocolos de limpieza de Verwey y se sumergieron a continuación en aceite. Normalmente los niveles de contaminación eran del orden de 1–15 mg/kg de aceite, aunque algunos productos químicos del tipo de los disolventes dieron lugar a niveles más altos (Couts, 1991).

Las cisternas revestidas pueden absorber la carga en cuestión. La tasa de absorción y la cantidad de carga anterior absorbida por el revestimiento dependerán del tipo de carga anterior. En lo referente a las cisternas con revestimiento epoxídico la desorción (eliminación) de los residuos de la carga del revestimiento mediante ventilación (como parte del proceso de limpieza) empieza rápidamente, pero tras un par de días llega a un punto muerto antes de que el revestimiento haya liberado la totalidad de la carga. La cantidad restante varía en función del tipo de revestimiento, el espesor de la película y el tipo de carga. Esta cantidad retenida puede dar lugar a concentraciones de 50–100 mg/kg en la carga posterior.

El nivel de concentración se calcula de acuerdo con los siguientes supuestos:

Peso habitual del revestimiento:	1 kg de revestimiento/m ² de pared de la cisterna
Relación habitual entre la superficie y el volumen:	1 m ² de superficie: 1 m ³ de volumen de la cisterna
Densidad habitual de la carga:	1000 kg/m ³ (peso específico = 1,0)

$$\text{Concentración (mg/kg)} = \{ \% \text{ absorbido} \times 10^{-2} \times \text{superficie} / (\text{volumen} \times 1\,000) \} \times 10^6$$

A partir de esta fórmula se puede obtener una regla general: el 1 por ciento de la carga anterior absorbida podría dar lugar a una concentración de 10 mg/kg en la carga posterior si se disolviera completamente (Chemserve, 2006) (Cuadro 3).

CUADRO 3

Porcentaje absorbido por las cisternas con revestimiento epoxídico

Carga	% absorbido (kg de carga/kg de revestimiento)	Cantidad máxima en la carga posterior (mg/kg)
Dicloruro de etileno	3	30
Metanol	4	40
Monómero de acetato de vinilo	5	50
Monómero de estireno	6	60

Por consiguiente, los niveles de concentración previstos tras la limpieza en cisternas revestidas se sitúan en un intervalo de 10 a 100 mg/kg.

4.6 HOMOGENEIDAD

Además, se debería tener en cuenta la heterogeneidad de los residuos que ocasiona la viscosidad de la grasa o el aceite. Si los contaminantes pueden distribuirse heterogéneamente en una carga de grasas o aceites, hay que tener en cuenta esta circunstancia al estimar los niveles de concentración más desfavorables.

4.7 CONTAMINACIÓN MICROBIANA O PATÓGENA

La proliferación microbiológica requiere una combinación adecuada de condiciones de humedad, temperatura y nutrientes. Las grasas y aceites comestibles tienen niveles muy bajos, en su caso, de proteínas e hidratos de carbono. Además, una cisterna de 1 000 toneladas de la mayoría de las grasas y aceites comestibles contendrá unos 500 kg de agua, pero esta agua estará bastante dispersa y no favorecerá la proliferación microbiológica. Como las grasas y aceites comestibles tienen un contenido bajo de proteínas y humedad (normalmente < 0,5 por ciento en

las grasas y aceites comestibles crudos y < 0,1 por ciento en las grasas y aceites comestibles refinados), la contaminación por microorganismos no es una cuestión que se deba considerar.

Debido a que los aspectos microbiológicos forman parte del procedimiento normal de calidad en la industria de grasas y aceites comestibles y en la industria naviera, no es necesario tomar en consideración la contaminación microbiana resultante de las cargas anteriores (por ejemplo, melazas, zumos (jugos) de fruta concentrados). No se conocen sustancias químicas que causen contaminación microbiana o patógena.

4.8 CONTAMINACIÓN ALÉRGICA

Los productos de los que se sabe que son o que contienen alérgenos alimentarios (o que provocan intolerancia a los alimentos) son los cereales que contienen gluten, los crustáceos, los huevos, el pescado, el cacahuete (maní), la soja, la leche, las nueces de árbol, el apio, la mostaza, las semillas de sésamo (y sus productos), los productos de origen animal, el dióxido de azufre y los sulfitos (UE, 2003).

El aceite vegetal y los productos de aceite vegetal obtenido del cacahuete (maní) y la soja se someten a procesos de refinado antes del transporte por mar que eliminan prácticamente la presencia de proteínas alérgicas (Mogerley, 2006). El aceite de cacahuete (maní) se exporta principalmente en bidones, cisternas ISO o en otros tipos de recipiente. Por lo tanto, el riesgo de exposición a alérgenos que representan estos dos aceites como carga anterior no es significativo, teniendo en cuenta el minucioso procedimiento de limpieza anterior a la carga de la cisterna (Mogerley, 2006).

Los productos lácteos no se transportan casi nunca en cisternas de buques de mar debido a la necesidad de refrigerarlos para evitar que se deterioren. Por otra parte, los productos lácteos se transportan en cisternas o buques utilizados exclusivamente con ese fin, lo que elimina el problema de los residuos de cargas anteriores (Mogerley, 2006).

Aparte de estos ejemplos bien conocidos, no se puede excluir que las cargas anteriores (o los productos de sus reacciones) ocasionen reacciones alérgicas o de intolerancia a los alimentos. Es importante tener en cuenta tanto la alergenidad oral como la tópica porque las grasas y aceites “comestibles” pueden destinarse a la industria cosmética.

5. Reactividad de las cargas anteriores con las grasas y aceites comestibles

5.1 REACCIONES POSIBLES

Las grasas y aceites comestibles son químicamente inertes en condiciones normales de manipulación. El interés se debería centrar en las reacciones con residuos de cargas anteriores que pueden dar lugar a productos que no se pueden eliminar con la elaboración ulterior y resultan peligrosos para la salud. También se deben tomar en consideración las siguientes cuestiones:

- qué sustancias químicas son susceptibles de reaccionar con las grasas y aceites comestibles; y
- las condiciones en las que pueden tener lugar estas reacciones.

La susceptibilidad de las grasas y aceites comestibles para reaccionar con las cargas anteriores depende de varios factores, entre ellos el tipo de grasa o aceite, si está crudo o parcial o totalmente refinado y si hay impurezas. Las reacciones más probables durante el transporte son la oxidación y la hidrólisis.

5.1.1 Oxidación

Cuando se separan los lípidos de su entorno natural protector (células oleíferas en los aceites de origen vegetal y adipocitos en las grasas de origen animal) y se almacenan o utilizan, sufren una reacción llamada autooxidación. Normalmente se considera que los procesos de autooxidación tienen tres fases: la fase de inicio o inducción, la de propagación y la de terminación (ITERG, 2006a).

Durante la fase de inicio, el oxígeno molecular (oxígeno activo) ataca los dobles enlaces de los ácidos grasos insaturados para producir peróxidos, hidroperóxidos y radicales libres, que son todos muy reactivos. La estructura de estos compuestos depende de la naturaleza de los ácidos grasos atacados. Para que esta fase tenga lugar en un grado significativo, debe estar presente algún tipo de iniciador de la oxidación como oxidantes químicos, metales de transición (hierro o cobre) o enzimas (lipoxigenasas). Los productos reactivos de esta fase de inicio reaccionarán, a su vez, con otras moléculas de lípidos para formar otras especies químicas reactivas, por ejemplo, radicales alcoxil, que se producen por fisión. La propagación de la oxidación a través de los productos de la oxidación de los lípidos da origen al término autooxidación. En la fase de terminación de la oxidación de los lípidos se forman compuestos relativamente poco reactivos cuyo tipo y cantidad dependen de varios parámetros. Entre los compuestos volátiles finales de la oxidación se encuentran aldehídos, hidrocarburos, cetonas y pequeñas cantidades de epóxidos y alcoholes. Los compuestos finales no volátiles de la oxidación son principalmente óxidos de monómero triglicéridos con un ácido graso alterado como mínimo que contiene un grupo funcional hidroxilo, carbonilo o epóxido. Dado que muchos de los compuestos que se producen en la fase de terminación son volátiles, su concentración en el producto también puede empezar a disminuir con el tiempo. Los productos de las reacciones seguirán aumentando hasta que:

- cambien las condiciones de almacenamiento;
- se agote uno o más de los iniciadores;
- se consuma el oxígeno disponible; o
- se agote el sustrato de lípidos (ITERG, 2006a; ISEO, 2006; N-PAL, 2006).

Si bien la oxidación es un fenómeno espontáneo, los efectos de los diferentes parámetros pueden acelerarlo o decelerarlo (ITERG, 2006a):

- Tipo de grasa o aceite, en particular el tipo de ácido graso. Cuanto más insaturada sea la grasa o aceite, mayor será su capacidad de enranciamiento por oxidación (ISEO, 2006).
- Aceites antiguos. El aceite nuevo no debería mezclarse nunca con el antiguo, ya que el más antiguo cataliza la oxidación en el nuevo con gran rapidez. Por lo tanto, las bombas se deberían vaciar siempre de aceites antiguos y las tuberías se deberían inclinar para que no quede aceite en ellas (Karlshamms, 2006).
- Temperatura. La oxidación tiene lugar más rápidamente a medida que aumenta la temperatura, de forma que todas las operaciones deberían llevarse a cabo a la temperatura más baja posible. Cuanto más alta sea la temperatura, mayor será el alcance de la oxidación. Como regla general, un aumento de la temperatura de 10°–15°C reduce el tiempo de conservación a la mitad. Del mismo modo, el tiempo de conservación se duplica si se reduce la

temperatura en la misma medida. Nunca se debería almacenar un aceite a 10°–15°C por encima de su punto de fusión. Asimismo, la temperatura externa de los serpentines de calefacción no debería superar nunca los 80°C para evitar el calentamiento excesivo de una parte del aceite. Se puede mantener al mínimo la oxidación almacenando el aceite a la temperatura más baja posible, teniendo en cuenta su punto de asentamiento (CAC, 1987; Karlshamms, 2006).

- Tiempo. Cuanto más se prolongue el tiempo de almacenamiento, mayor será el alcance de la oxidación. Se puede mantener al mínimo la oxidación reduciendo todo lo posible el tiempo de almacenamiento del aceite (Karlshamms, 2006).
- Luz. La luz, sobre todo la ultravioleta, aumenta la tasa de oxidación. Por lo tanto, las grasas y aceites deberían protegerse siempre de la luz durante el almacenamiento y la manipulación (Karlshamms, 2006; ISEO, 2006).
- Metales de transición. La tasa de oxidación aumenta en gran medida por la acción catalítica del cobre o de las aleaciones de cobre; por lo tanto estos metales (aleaciones de cobre, latón, bronce, bronce de cañón expuesto o chapeado) deben ser excluidos terminantemente de los sistemas. Otros metales, como el hierro, tienen también efectos catalíticos, aunque menores que los del cobre. Por esta razón las bombas, cisternas, tuberías, válvulas, serpentines de calefacción y otras partes del equipo que estén en contacto con el aceite no deberían nunca estar hechos de estos metales, ni contenerlos (CAC, 1987; MEIC, 2006).
- Elementos oxidantes
- Hidrólisis de glicéridos
- Actividad de determinadas enzimas catalizadoras (lipoxidasa y lipoxigenasa).
- Aceleradores, como los pigmentos.
- Presencia de deceleradores, como los antioxidantes (o antioxidígenos), los queladores metálicos o los absorbentes de oxígeno. Las grasas y aceites se pueden tratar con quelantes como el ácido cítrico para obtener complejos de metales de transición (inactivando así su efecto prooxidante) (ISEO, 2006).

Las cargas anteriores que pueden inducir o acelerar la autooxidación de las grasas y aceites comestibles son las siguientes:

- sustancias que pueden formar radicales, como los peróxidos (cuya estructura es R-O-O-R), por ejemplo, el peróxido de hidrógeno; o
- las soluciones de metales de transición, por ejemplo, cobre, hierro, manganeso.

5.1.2 Hidrólisis

La hidrólisis es una reacción del aceite con el agua que produce ácidos grasos libres. La hidrólisis parcial de los triglicéridos producirá monoglicéridos y diglicéridos y ácidos grasos libres. Cuando se completa la hidrólisis con agua en presencia de un catalizador ácido, los monoglicéridos, diglicéridos y triglicéridos se hidrolizarán para producir glicerina y ácidos grasos libres (hidrólisis ácida). Con una solución acuosa de hidróxido sódico, se obtienen glicerina y las sales de sodio de los ácidos grasos componentes (jabones) (hidrólisis alcalina). Normalmente, la hidrólisis no causa problemas, siempre que los productos se manipulen de manera higiénica y no hayan entrado en contacto con el agua (ISEO, 2006; Karlshamms, 2006; N-PAL, 2006). Se estimula la hidrólisis de las grasas y aceites comestibles por los siguientes medios (CAC, 1987; ISEO, 2006; N-PAL, 2006; MEIC, 2006):

- presencia de agua, en especial a temperaturas elevadas.

- enzimas (lipasas): a menudo las lipasas están ligadas a la contaminación por materiales orgánicos; están presentes en el aparato digestivo de las personas y los animales y en las bacterias, así como en algunas fuentes de aceites comestibles (nuez de palma, coco); todos los residuos de estas enzimas lipolíticas (que se encuentran en algunas grasas y aceites comestibles crudos) se desactivan con las altas temperaturas que normalmente se dan en la elaboración del aceite.
- catalizadores químicos (ácidos, bases, metales reactivos).

Las cargas anteriores que pueden inducir o acelerar la hidrólisis de las grasas y aceites comestibles son las siguientes:

- ácidos y bases (sustancias que contienen un pK_a o pK_b), por ejemplo, ácido acético, anhídrido acético, ácidos grasos, ácido fosfórico, ácido sulfúrico, soluciones de ácido cítrico y soluciones de hidróxido sódico.
- cargas anteriores que contienen agua (> 5 por ciento de agua), por ejemplo, zumos (jugos) de fruta y agua potable.
- grasas y aceites comestibles crudos que contienen lipasas (aceite de palma, aceite de coco, grasas de origen animal); en la actualidad se transportan por mar casi 20 millones de toneladas de aceite de palma crudo al año en todo el mundo; la primera etapa de la producción de aceite de palma es la aplicación de vapor para eliminar las lipasas presentes en el fruto.

Las reacciones de hidrólisis no son pertinentes en el ámbito de la evaluación, porque a las grasas y aceites comestibles se les añaden ácidos y/o bases durante el proceso de refinado. El hidróxido sódico (sustancia básica) se añade durante la saponificación para eliminar los ácidos grasos libres, mientras que el ácido fosfórico y el ácido cítrico (sustancias ácidas) se añaden durante la fase de desengomado para eliminar los fosfolípidos.

5.1.3 Síndrome del aceite tóxico español

En 1981, aceite de colza que se había desnaturalizado para uso industrial añadiéndole anilinas se reintrodujo fraudulentamente en la cadena alimentaria en España después de haberlo sometido a un proceso destinado a eliminar las anilinas. La ingestión de este aceite causó un brote de síndrome del aceite tóxico, cuyas características clínicas fueron mialgias causantes de incapacidad grave, eosinofilia periférica aguda e infiltraciones pulmonares. De los 20 000 afectados, unos 300 fallecieron poco después del inicio de la enfermedad y un gran número desarrolló una enfermedad crónica. Según la hipótesis generalmente aceptada, los componentes tóxicos producidos durante el proceso de refinado se utilizaron para eliminar las anilinas, que se emplean para desnaturalizar aceites destinados a uso industrial. Durante más de 15 años, un comité científico apoyado por la OMS ha dirigido una investigación cuyos objetivos son identificar el agente o agentes causales, evaluar la toxicidad y el modo de acción, establecer la patogenia de la enfermedad y detectar las consecuencias tardías. Los intentos de reproducir la afección en animales de laboratorio no han tenido éxito; en las obras especializadas no se informa de ninguna enfermedad similar al síndrome del aceite tóxico. Las conclusiones de laboratorio indican que hay algún tipo de mecanismo autoinmune en el síndrome del aceite tóxico, como los altos niveles de receptor soluble de interleucina-2 sérica. Estudios epidemiológicos combinados con análisis químicos de aceites relacionados con el caso han demostrado que la enfermedad está estrechamente relacionada con el consumo de aceites que contienen ésteres de ácidos grasos de 3-(N-fenilamino)-1,2-propanodiol. Estos compuestos químicos se han encontrado también en aceites sintetizados en condiciones que reproducían las

que supuestamente habían tenido lugar cuando se produjo el aceite tóxico en 1981 (Gelpi *et al.*, 2002; OMS, 2004).

5.1.4 Otras reacciones posibles

Otras posibles reacciones con el enlace doble de las grasas y aceites comestibles son la hidrogenación, la hidroxilación, la fisión oxidativa, la halogenación, la oximercuración, la metátesis de isomerización (estereomutación), la metátesis, la migración del enlace doble, la ciclización, la dimerización y la polimerización. Para que tengan lugar estas reacciones son necesarias altas temperaturas (superiores a 200°C) y/o determinadas condiciones y reactivos o catalizadores especiales que no se encuentran en las condiciones de transporte (Gunstone, 1996; ITERG, 2006a; ISEO, 2006).

Otras posibles reacciones con el grupo de los ésteres carboxílicos de las grasas y aceites comestibles son también la esterificación y la decarboxilación. Para que tengan lugar estas reacciones son necesarias temperaturas elevadas (80°–150°C) y/o determinadas condiciones y reactivos o catalizadores especiales que no se encuentran en las condiciones de transporte (Gunstone, 1996).

Se deben tener en cuenta las reacciones de la carga anterior con las impurezas de los triglicéridos y los ácidos grasos en las grasas y aceites comestibles crudos, por ejemplo, la etilación y la metilación. Una forma sencilla de tratar los productos de la reacción podría ser la siguiente: “Todos los productos de la reacción deben cumplir los criterios que se aplican a las cargas anteriores”.

5.2 CONDICIONES HABITUALES DE CARGA/DESCARGA Y TRANSPORTE/ALMACENAMIENTO

El deterioro de las grasas y aceites comestibles depende de las condiciones de transporte/almacenamiento (temperatura), de los materiales de las cisternas (posibilidad de lixiviación de los materiales de la cisterna), de la configuración del propio sistema (relación aire/aceite y posibilidad de mezcla con el aire) y de la duración/permanencia de las grasas y aceites comestibles en el sistema de transporte/almacenamiento.

Se supone que se dan las siguientes condiciones:

- Normalmente, las cisternas del buque están construidas con acero dulce, acero dulce revestido o acero inoxidable. Los revestimientos son orgánicos (por ejemplo, resinas epoxídicas o polímeros muy entrecruzados) o inorgánicos (por ejemplo, silicato de zinc). Las cisternas revestidas con silicato de zinc no se utilizan para transportar grasas y aceites comestibles crudos, a no ser que el índice de ácido sea igual o inferior a 1 (CAC, 1987; FOSFA, 2005a). También se utilizan el aluminio o el hierro negro para transportar grasas y aceites comestibles crudos (MEIC, 2006).
- Los serpentines de calefacción que hay dentro de las cisternas, los tubos y el armazón interno de los intercambiadores de calor están hechos de acero inoxidable. Las válvulas y las tuberías de suministro que entran en contacto con las grasas y aceites comestibles están hechas de acero inoxidable o aluminio (CAC, 1987; FOSFA, 2005a; MEIC, 2006). Sólo se puede utilizar aluminio cuando la acidez del aceite es baja (Hancock, 2006b).
- La temperatura de carga/descarga es de 10°–70°C, en función del tipo de grasa o aceite. Se debería aplicar calor de forma que la temperatura media del aceite aumente a un ritmo que no supere los 5°C en un período de 24 horas (CAC, 1987).

- La temperatura durante el almacenamiento/transporte está comprendida entre la temperatura ambiente y los 45°C, en función del tipo de grasa o aceite (CAC, 1987).
- La relación aire/aceite de una cisterna de almacenamiento es 20:80 (en volumen). Esta cifra se basa en el supuesto de 5 toneladas de aceite (5,6 m³) en un volumen de 7 m³, lo que deja espacio para las salpicaduras (Karlshamms, 2006). La relación aire/aceite en una cisterna de transporte oscila entre 5:95 y 40:60, en función de la proporción de llenado (del 95 al 60 por ciento).
- Debería reducirse al mínimo la posibilidad de mezcla con el aire durante la carga/descarga y durante el transporte/almacenamiento. Una cisterna de almacenamiento debería estar construida de forma que la superficie efectiva de las grasas y aceites expuesta al aire en cualquier momento fuera la menor posible. Deberían comprobarse periódicamente el acondicionamiento y los precintos para asegurarse de que no haya fugas de aire. Los agitadores situados dentro de las cisternas deberían estar concebidos de manera que no formaran remolinos, y ser utilizados en la menor medida posible. También es preferible transferir una cantidad de aceite a una cisterna más pequeña para el uso diario que sacar constantemente grasa o aceite de la cisterna principal de almacenamiento, lo que genera cierta agitación. No se debería reintroducir grasa o aceite en la cisterna principal una vez que se ha sacado. Las cisternas deberían llenarse desde el fondo, en lugar de verter un chorro expuesto de aceite desde la parte superior (CAC, 1987; Karlshams, 2006).
- Debería reducirse al mínimo la posibilidad de mezcla con contaminantes distintos de la carga anterior (por ejemplo, agua, microorganismos, productos de limpieza) durante la carga/descarga y el transporte. Las cisternas se deberían limpiar y secar siempre antes de utilizarlas (CAC, 1987).
- La duración/permanencia general se estima entre 2 y 8 días en las cisternas para carretera, ferrocarril o vías navegables interiores, 1 mes en las cisternas para buques de mar y entre 7 días y 6 meses en las cisternas de almacenamiento (suposiciones efectuadas por los expertos).
- Se estima que los niveles máximos de cargas anteriores son 1–100 mg/kg (véanse las secciones anteriores).

5.3 INOCUIDAD FRENTE A CALIDAD DE LAS GRASAS Y ACEITES COMESTIBLES

En lo que respecta a la calidad, hay que tomar en consideración las dos opciones siguientes:

Opción 1. No tener en cuenta la reactividad de las cargas anteriores con las grasas y aceites comestibles

El deterioro de la calidad de las grasas y aceites comestibles debido a la oxidación, la hidrólisis, etc. no entra en el ámbito de la elaboración de criterios para cargas anteriores aceptables. Si la industria de las grasas y aceites no hubiera solucionado estos problemas a lo largo de los últimos 60 años, no transportaría por mar 45 millones de toneladas todos los años. En la mayoría de los sistemas de verificación de alimentos se admite que hay una clara diferencia entre calidad e inocuidad de los alimentos. El ámbito de la elaboración de criterios para cargas anteriores aceptables es el estudio de los aspectos del transporte por mar de grasas y aceites a granel que tienen que ver con la inocuidad de los alimentos. Los aspectos que tienen que ver con la calidad, como la carga desde el fondo de la cisterna, la adición de antioxidantes antes de la carga o el recubrimiento con nitrógeno de los aceites de

alta calidad durante el viaje son cuestiones que incumben a los compradores, transportistas y vendedores. Estos protocolos llevan establecidos muchos años.

La pérdida de calidad general debida a la oxidación (aumento de los índices de peróxido) o la hidrólisis (aumento del contenido de ácidos grasos libres) que se produce durante el viaje siempre ha estado presente en el transporte por mar de grasas y aceites comestibles a granel. Se ha comprobado que si se transporta el aceite de palma crudo de Malasia a Europa a unos 45°C, con un nivel inicial de ácidos grasos libres del 5 por ciento aproximadamente, el aumento de ácidos grasos libres es inferior al 0,3 por ciento. Siempre hay formas de reducir ese aumento en caso necesario, por ejemplo recubriendo la cisterna con nitrógeno si la carga es aceite refinado que se va a utilizar directamente en la cadena alimentaria sin volverlo a refinar. Dado que estos aspectos relacionados con la calidad forman parte de los procedimientos normales de la industria de las grasas y aceites y de la industria naviera, no es necesario tomar en consideración otras reacciones de oxidación e hidrólisis resultantes de las cargas anteriores.

Existen ya directrices y códigos de prácticas sobre manipulación y supervisión (incluidos los elaborados por el CCFO (CAC, 1987) y la FOSFA, el Código de Prácticas de la Asociación de Refinadores de Aceite de Palma de Malasia, y los Procedimientos y Prácticas Normalizados de Supervisión del Aceite de Palma y sus Derivados (que se está actualizando) del Consejo del Aceite de Palma de Malasia que ayudan a reducir al mínimo el deterioro.

Opción 2. Establecer niveles complementarios para los productos de reacción

Dado que la oxidación y la hidrólisis son reacciones normales durante el transporte, es conveniente proponer un sistema experimental en el que se puedan establecer niveles complementarios para estos productos de reacción originados por la contaminación procedente de cargas anteriores.

6. Cuestiones analíticas

La declaración de la identidad de las cargas anteriores forma parte integrante de la documentación referente a ventas y contratos exigida por la FOSFA y deja claro qué tipo de análisis de laboratorio son necesarios.

La FOSFA exige tomar muestras de una grasa o un aceite en tres ocasiones: antes del embarque, en el momento de la carga y en el de la descarga. Se toman, como mínimo, cinco muestras de la grasa o el aceite antes del embarque en la borda del buque o en el punto más cercano posible, cinco muestras representativas de la grasa o el aceite de cada una de las cisternas del buque y otras cinco muestras representativas durante la descarga en la borda del buque o en el punto más cercano posible. El muestreo se realiza de conformidad con la norma ISO 5555. En general, se analizan una de las muestras tomadas durante la carga y una de las muestras tomadas durante la descarga, por lo que hay datos disponibles sobre la contaminación de la grasa o el aceite y sobre los cambios de calidad ocurridos durante el transporte (FOSFA, 2005b).

En relación con los parámetros habituales de calidad y composición de las especificaciones comerciales, hay métodos oficiales disponibles (por ejemplo, los de

la AOCS, la AOAC International⁷, la ISO, la UIQPA y el Consejo del Aceite de Palma de Malasia) para identificar y cuantificar el nivel de contaminación de la grasa o el aceite. El método más comúnmente utilizado es la GC-MS (cromatografía de gases combinada con espectrometría de masas), cada vez más accesible en la actualidad. La ISO tiene varios métodos para detectar contaminantes (ISO, 2006):

- ISO 6656 para los polímeros del tipo del polietileno;
- ISO 16035 para los hidrocarburos halogenados con bajo punto de ebullición; e
- ISO 15303 para los contaminantes orgánicos volátiles.

Con respecto a otros contaminantes para los que no existen métodos oficiales, hay que elaborar o modificar (a partir de otras obras especializadas) estos métodos de conformidad con los procedimientos de validación establecidos en la norma ISO 17025 sobre sistemas de gestión de la calidad en los laboratorios o con las directrices aceptadas (por ejemplo, los protocolos de la UIQPA o el enfoque por criterios del Codex Alimentarius (CAC, 2005)). Los métodos de análisis deben estar disponibles en todo el mundo (Gunstone, 1996; ITERG, 2006a; Mogerley, 2006; MEIC, 2006).

En general, si se prevé un nivel de residuos de 100 mg/kg, el límite de cuantificación exigido debe ser la mitad (es decir, 50 mg/kg), mientras que el límite de determinación exigido debe ser una décima parte (es decir, 10 mg/kg). Los niveles de concentración previstos en el caso más desfavorable son de 10 mg/kg en cisternas de acero inoxidable y de 100 mg/kg en cisternas revestidas. Por consiguiente, un límite de determinación de 0,1 mg/kg y un límite de cuantificación de 0,5 mg/kg serían suficientes para ambos tipos de cisterna. Estos niveles se obtienen fácilmente mediante técnicas de cromatografía de gases o cromatografía de líquidos.

La oxidación afecta al color y al aroma (sabor, olor) del aceite, y hace que el aceite se enrancie. Los métodos de análisis de la autooxidación se basan en la determinación de los productos de la oxidación. Los métodos de prueba más importantes se basan en la determinación de: concentraciones de hidroperóxido de alilo (índice de peróxido) correspondientes a la etapa inicial de la autooxidación; concentraciones de aldehído (índice de anisidina, prueba del ácido tiobarbitúrico (TBA), índice de carbonilo, índice de hexanal) correspondientes a la etapa secundaria de la autooxidación; y ácidos de cadena corta (prueba Rancimat) correspondientes a la etapa terciaria de la autooxidación. El índice de peróxido, el índice de anisidina, la prueba del TBA y la prueba Rancimat son los métodos más utilizados. Los aceites insaturados refinados son los más susceptibles de sufrir autooxidación (Gunstone, 1996; N-PAL, 2006; MEIC, 2006).

La hidrólisis afecta al aroma (sabor, olor) y a la acidez del aceite, produciendo ranciedad hidrolítica. Los métodos de análisis de la hidrólisis se basan en la determinación de los productos de la hidrólisis. Las pruebas de hidrólisis se basan en la determinación del contenido de ácidos grasos libres, de la humedad, del índice de ácido (o de saponificación) o del índice de hidroxilo. El índice de ácido es el método más utilizado. Los aceites refinados destinados al consumo doméstico son los más susceptibles de sufrir hidrólisis (Gunstone, 1996; N-PAL 2006; MEIC, 2006).

⁷ Se trata de la asociación previamente conocida como Asociación de Químicos Analistas Oficiales.

Las grasas y aceites comestibles deberían cumplir los criterios de calidad indicados en las normas del Codex (Codex Stan, 1981a, 1981b, 1981c, 1999a, 1999b). Los valores normales establecidos en las normas del Codex para aceites refinados para indicar el estado de ranciedad oxidativa o hidrolítica son los siguientes:

- índice de peróxido: hasta 10 miliequivalentes de oxígeno activo/kg de aceite; e
- índice de ácido/índice de saponificación: hasta 0,6 mg de KOH/g de aceite.

Los niveles son más altos para los aceites prensados en frío, vírgenes y crudos comestibles y para las grasas de origen animal.

Las cargas anteriores con color, olor o sabor fuerte pueden tener un efecto organoléptico en las grasas y aceites comestibles (por ejemplo, el olor del aceite de pescado puede afectar al olor de otros aceites). Todos los superintendentes huelen las cisternas antes de la carga y descarga y comprueban su interior en el curso de esas operaciones. El olfato es un sentido muy sensible.

7. Refinado de aceites

7.1 OPCIONES

Parte del deterioro de los aceites (por ejemplo, la oxidación, la hidrólisis, la contaminación por cargas anteriores) se puede reparar al refinarlos.

La inmensa mayoría de los aceites de origen vegetal transportados por mar deben ser refinados a su llegada para cumplir las especificaciones sobre calidad alimentaria. El término “mayoría” implica que hay casos en los que un aceite refinado transportado por mar se consume sin otro tratamiento. Hay unas pocas grasas y aceites comestibles, como la manteca de cacao, el aceite de oliva y el aceite de palma, que no se refinan porque con ello se perderían las propiedades organolépticas. El aceite de cacahuete (maní) y el aceite de soja se refinan antes del transporte para evitar la alergenicidad.

Opción 1. Que el refinado de los aceites no sea un posible criterio

No es necesario considerar el refinado de los aceites como un criterio para la aceptabilidad de las cargas anteriores, porque hay grasas y aceites que se consumen sin otro tratamiento tras el transporte o almacenamiento.

Opción 2. Que el refinado de los aceites sea un posible criterio

Es necesario considerar el refinado de los aceites como un criterio para la aceptabilidad de las cargas anteriores.

7.2 PROCESOS DE REFINADO

Se utilizan principalmente dos procesos de refinado de las grasas y aceites comestibles crudos: el refinado químico/alcalino y el refinado físico. Se diferencian en la forma de eliminar los ácidos grasos libres (FEDIOL, 2006).

- El refinado químico consta de los siguientes procesos: desengomado, neutralización, invernización, blanqueamiento y desodorización.
- El refinado físico consta de los siguientes procesos: desengomado, invernización, blanqueamiento y desodorización.

7.2.1 Desengomado

Las grasas y aceites comestibles crudos tienen niveles relativamente altos de fosfátidos (por ejemplo, el aceite de soja) y se pueden desengomar antes del refinado. La finalidad del desengomado es eliminar partículas de semillas, impurezas, fosfátidos (fosfolípidos), pigmentos, hidratos de carbono, proteínas y cantidades ínfimas de metales. Las grasas y aceites comestibles crudos se tratan con coadyuvantes de elaboración de calidad alimentaria (0,1 por ciento de ácido fosfórico) y agua a una temperatura de 60°–100°C, lo que da lugar a la hidratación de los fosfátidos, las proteínas, los hidratos de carbono y las cantidades ínfimas de metales. El material hidratado se precipita del aceite y se elimina mediante centrifugación. Tras el proceso de desengomado, las grasas y aceites comestibles crudos se secan (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

El desengomado enzimático es un proceso relativamente nuevo. Las grasas y aceites comestibles crudos, que se han tratado previamente con una combinación de hidróxido sódico y ácido cítrico, se mezclan con agua y la enzima fosfolipasa mediante un mezclador de alto rendimiento, con lo que se crea una emulsión muy estable. La emulsión permite que la enzima reaccione con los fosfolípidos, transformándolos en lisofosfolípidos solubles en agua. La emulsión se rompe mediante centrifugación para separar las gomas y los fosfolípidos del aceite. Con este proceso se logra una mayor producción de aceite que con el desengomado/refinado habitual. En la actualidad, la comercialización del desengomado enzimático no está generalizada (ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.2 Neutralización

Normalmente, la neutralización (que algunas veces se denomina refinado o refinado alcalino) se aplica a las grasas y aceites comestibles para reducir el contenido de ácidos grasos libres, productos de la oxidación de los ácidos grasos libres, proteínas residuales, sustancias mucilaginosas, fosfátidos (fosfolípidos), hidratos de carbono, compuestos de azufre, cantidades ínfimas de metales, pigmentos, sustancias insolubles en aceite y sustancias solubles en agua. El método más importante y generalizado de refinado es el tratamiento de las grasas y aceites comestibles con una solución alcalina (sosa cáustica). De esta forma se consigue una gran reducción de la cantidad de ácidos grasos libres convirtiéndolos en pasta de neutralización que se separa del aceite. La mayoría de los fosfátidos y las sustancias mucilaginosas sólo son solubles en la grasa o el aceite en una forma anhidra; al hidratarse con la solución alcalina, se separan fácilmente de la grasa o del aceite. A continuación, se separa la fase de aceite de la capa de fase de jabón, la solución alcalina y otras impurezas. Por último, se lava la grasa o el aceite con agua para eliminar completamente los jabones, la solución alcalina y otras impurezas que queden, y se seca para eliminar el agua restante. Las grasas y aceites comestibles con bajo contenido de fosfátidos (aceites de palma y coco) se pueden refinar físicamente (es decir, por arrastre de vapor) para eliminar los ácidos grasos libres (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.3 Invernización

La invernización es un proceso por el cual las grasas y aceites comestibles se someten a un descenso controlado de la temperatura. Durante este proceso las ceras cristalizan y se eliminan de la grasa o el aceite mediante filtración, para evitar que la fracción líquida se enturbie a temperaturas más frías. Normalmente se utiliza como medio de filtro kieselguhr, que es un mineral sedimentario de origen biológico. Se aplica un proceso similar (desencerado) para aclarar las grasas y

aceites comestibles que contienen cantidades ínfimas de elementos que causan turbiedad (ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.4 Blanqueamiento

Aunque la finalidad del blanqueamiento (o decoloración) es reducir los niveles de pigmentos como los carotenoides y la clorofila, también elimina aún más residuos de fosfátidos, pequeñas cantidades de jabón y metales, productos de la oxidación, compuestos de azufre y proteínas. El método habitual de blanqueamiento consiste en la adsorción de estas sustancias por medio de un material adsorbente. La tierra o arcilla blanqueante activada con ácido, que algunas veces se denomina bentonita, es el material adsorbente más utilizado; está compuesto fundamentalmente de silicato aluminico hidratado. El gel de sílice anhidro se utiliza en forma limitada como adsorbente blanqueante. Si los niveles de hidrocarburos policíclicos aromáticos contenidos en las grasas y aceites comestibles son inaceptables, se añade carbón activo para adsorber y eliminar dichos hidrocarburos. La dosificación de estos agentes adsorbentes se ajusta para garantizar que se eliminan las sustancias especificadas. La tierra o arcilla blanqueante, el gel de sílice o el carbón activo se separan mediante filtración. El blanqueamiento se realiza en parte al vacío y a temperaturas comprendidas entre 90° y 120°C (en ocasiones entre 80° y 180°C) (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006).

7.2.5 Desodorización

La finalidad de este proceso es reducir el nivel de ácidos grasos libres y eliminar olores, sabores desagradables y otros componentes volátiles, como plaguicidas e hidrocarburos policíclicos aromáticos ligeros. En esta etapa también se logra eliminar aún más proteínas. La desodorización de grasas y aceites comestibles se ultima mediante destilación. El proceso se lleva a cabo al vacío (0,5–8 kPa) y a temperaturas comprendidas entre 170° y 270°C, utilizando un medio de arrastre como el vapor o el nitrógeno. Las condiciones se ajustan dentro de estos intervalos, según proceda, para garantizar que se eliminan las sustancias especificadas. La desodorización se lleva a cabo al vacío para facilitar la eliminación de las sustancias volátiles, evitar una hidrólisis indebida de la grasa o el aceite y utilizar eficientemente el vapor. La desodorización no tiene efectos significativos sobre la composición de los ácidos grasos de la mayoría de las grasas o aceites. En función del grado de insaturación de la grasa o el aceite que se está desodorizando, se pueden formar pequeñas cantidades de ácidos grasos trans. En el caso de los aceites de origen vegetal, tras la desodorización quedan suficientes tocoferoles en los aceites terminados para proporcionar estabilidad (Gunstone, 1996; ISEO, 2006; FEDIOL, 2006). La desodorización es una etapa necesaria en la fabricación de una grasa o aceite comestible que se va a vender a fabricantes de alimentos o consumidores.

7.3 ELIMINACIÓN DE LOS RESIDUOS DURANTE EL REFINADO

El refinado del aceite en su lugar de destino es el punto crítico de control final de la cadena de transporte por mar correspondiente a la inmensa mayoría de las grasas y aceites comestibles que se transportan por todo el mundo.

Se han llevado a cabo experimentos en los que grasas y aceites comestibles a los que se habían añadido plaguicidas con diferentes propiedades fisicoquímicas se sometieron a un refinado químico o físico, para probar diferentes etapas, como el desengomado, la neutralización, el blanqueamiento y la desodorización. De estos experimentos se deduce claramente que la etapa de desodorización es la más eficaz para eliminar contaminantes del aceite. Por otra parte, se puede llegar a la

conclusión de que una solubilidad en agua de > 1 mg/litro (aunque cifras como 0,1 ó 0,01 pueden resultar satisfactorias) y una presión de vapor saturado de > 1 mPa (aunque de nuevo puede ser adecuada una presión de 0,1) pueden ser criterios útiles para aceptar una sustancia como carga anterior, si se considera que el refinado entra en el ámbito de la elaboración de criterios para cargas anteriores aceptables (ITERG, 2006b).

8. ¿Cómo se puede proteger la salud pública?

8.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Es posible cubrir los riesgos para la salud asociados con la exposición humana a residuos de cargas anteriores en grasas y aceites comestibles mediante una evaluación de los riesgos toxicológicos. Esa evaluación sería aplicable a todas las posibles cargas anteriores, incluidos los productos químicos industriales, así como los aditivos alimentarios e incluso los productos alimenticios. El resultado de la evaluación podría ser que la exposición derivada del "uso" de un producto químico como carga anterior fuera en principio aceptable, a condición de que dicha exposición no excediera de un determinado nivel considerado toxicológicamente inocuo.

Para toda posible carga anterior, la consideración susodicha exige conocer dos datos principales:

- una dosis de referencia por debajo de la cual la exposición a ese producto químico pueda considerarse inocua; y
- una estimación de la exposición.

8.2 DOSIS DE REFERENCIA

Un principio fundamental de la toxicología es que toda sustancia puede activar una respuesta tóxica, siempre que la exposición a esa sustancia sea lo suficientemente alta para ello; dicho en otras palabras, es posible estar expuesto a una sustancia sin que haya efectos tóxicos, siempre que la exposición a esa sustancia no exceda de un determinado umbral. Debido a la falta de datos, no es posible encontrar umbrales humanos para la gran mayoría de las sustancias. Es por tanto muy frecuente definir dosis de referencia (habitualmente expresadas por una ingestión diaria aceptable (IDA) o una ingestión diaria tolerable (IDT)) que se obtienen extrapolando datos relativos a animales.

Para calcular una dosis de referencia, es necesario evaluar cuidadosamente los datos disponibles sobre toxicidad animal. A partir de los estudios disponibles, se calcula un nivel sin efecto adverso observado (NOAEL) en una especie animal, que debería abarcar todas las respuestas tóxicas posibles. A partir de este NOAEL animal, se obtiene una dosis de referencia dividiendo el NOAEL por factores de incertidumbre que supuestamente comprenden la variabilidad de la sensibilidad entre especies y dentro de éstas (IPCS, 1987, 2006).

Desde hace varios decenios se reconoce que el "principio del umbral" no se aplica a todas las respuestas tóxicas. En particular, es posible determinar la mutagenicidad (~ genotoxicidad) mediante mecanismos no basados en un umbral, y cuando esta mutagenicidad va acompañada de carcinogenicidad, se considera también que este último efecto no está basado en un umbral. Por consiguiente, en el caso de las sustancias que son a la vez mutágenas y carcinógenas, se supone que no se puede

identificar ninguna exposición en la que haya un aumento del riesgo de desarrollar tumores. Sin embargo, si se considerara aceptable un nivel *de minimis* de riesgo suplementario, como por ejemplo 1 por cada millón de personas expuestas durante toda su vida (decisión relacionada con la gestión de riesgos), se podría utilizar ese nivel para evaluar la aceptabilidad de la exposición a esas sustancias cuando se utilizan como cargas anteriores. Si no se considerara aceptable el nivel *de minimis*, las sustancias mutágenas y carcinógenas quedarían automáticamente excluidas de la lista de cargas anteriores aceptables.

El cálculo de las dosis de referencia requiere un volumen considerable de datos sobre toxicidad, que en muchos casos no están disponibles. A falta de una dosis de referencia, se puede evaluar la aceptabilidad de la exposición a sustancias para las que hay pocos datos tomando como base el hecho de que no exceden del "umbral de preocupación toxicológica" (UPT) (por ejemplo, ILSI, 2005). En principio, este método clasifica las sustancias en tres categorías estructurales, para cada una de las cuales se define un umbral teniendo en cuenta datos sobre toxicidad relativos a unos 600 productos químicos diferentes. En el caso de las sustancias que pertenecen a varios grupos definidos con precisión, como las dioxinas o los compuestos azoxi o N-nitroso, o de las sustancias que han sido objeto de una alerta estructural por su genotoxicidad, se calcula un cuarto umbral de preocupación (con un riesgo previsto de cáncer inferior a 1 por cada millón de personas expuestas durante toda su vida) o se indica la necesidad de datos sobre toxicidad específicos para ese compuesto.

Los siguientes aspectos han sido señalados como cuestiones que se prestan a controversia:

- Por lo que respecta al UPT, no hay consenso acerca de las categorías especiales mencionadas (dioxinas y mutágenos potentes), que deberían ser consideradas inaceptables como cargas anteriores. Los compuestos similares a la dioxina están excluidos del concepto general de UPT porque son muy acumulativos, y no por el riesgo de cáncer. Sería conveniente incluir en los criterios la bioacumulación: las sustancias consideradas persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) son ya contaminantes generalizados de la cadena alimentaria y es necesario evitar una contaminación adicional.
- Por lo que respecta a las dioxinas y los mutágenos potentes, hubo un debate en un taller del Instituto Internacional de Ciencias de la Vida (ILSI) (ILSI, 2005). En concreto, en el árbol de decisiones sobre UPT del ILSI estas sustancias son mencionadas como compuestos para los que se exigen datos de toxicidad específicos (lo que los excluye del UPT propiamente dicho). Estos compuestos no deberían figurar en ninguna lista de cargas anteriores aceptables para productos alimenticios.
- Existe el problema de que los criterios PBT han sido concebidos para sustancias tóxicas ambientales y no es fácil definir los conceptos de bioacumulatividad o persistencia. En el caso de los peces, la bioacumulación es simplemente la relación entre la concentración en el cuerpo y en el medio ambiente, y la persistencia se define como la resistencia a la descomposición química o biológica en el medio ambiente. En el caso de los mamíferos, la definición no es tan sencilla. Por otra parte, la bioacumulación y la persistencia no son de por sí efectos adversos. No hay objeciones serias a la incorporación de los criterios PB (persistencia y bioacumulación), pero para ello sería necesario establecer unos límites claros. Podría servir la semivida

biológica (por ejemplo, es bioacumulativa/persistente toda sustancia con una semivida en mamíferos > 30 días), pero no existen datos adecuados sobre cinética para muchas sustancias. Los criterios de toxicidad se pueden aplicar mediante una IDA (o una IDT) o un UPT.

- Hay que señalar que los criterios toxicológicos antes mencionados (IDA/IDT o UPT) han sido concebidos para evaluar la exposición durante toda la vida. Es muy poco probable que un individuo consuma el mismo tipo de grasa o aceite contaminado con un determinado residuo de una carga anterior durante todos los días de su vida. Si se tiene en cuenta este aspecto, puede que sea necesario establecer dosis de referencia para una exposición breve, en lugar de límites para la exposición a lo largo de toda la vida.
- También es necesario tener en cuenta otras fuentes de exposición alimentaria, y no se debería asignar la totalidad de una IDA (o de una IDT) a la carga anterior. A efectos del debate, se propone una asignación del 10 por ciento de la IDA (o de la IDT), por lo que, si otra exposición alimentaria se situara cerca de la IDA (o de la IDT), esa fuente concreta no supondría una diferencia significativa.
- La asignación no es un procedimiento inusual y podría aplicarse a las cargas anteriores. Tal vez fuera necesario diferenciar el tipo de carga anterior examinada. Puede que la asignación no sea aplicable a los productos químicos puramente industriales, pero que sí lo sea a sustancias comúnmente utilizadas también como aditivos alimentarios.

8.3 ESTIMACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

Para obtener una estimación de la exposición a cualquier contaminante presente en una grasa o aceite, el nivel de contaminación de la grasa o aceite debería multiplicarse por la ingestión de esa grasa o aceite. Se supone que la carga no es objeto de un refinado ulterior. Esto se puede tener en cuenta si el refinado constituye una etapa de la elaboración de la grasa o aceite para obtener un alimento destinado al consumo humano.

Se aplicaría la siguiente fórmula:

$$\text{Dosis} = \frac{C \times A \times R_f}{B_w} \quad (\text{fórmula 4})$$

en la que:

- Dosis = estimación de la exposición (kg/kg de peso corporal al día)
C = concentración del contaminante (kg/kg de grasa o aceite)
A = cantidad diaria de grasa o aceite consumida (kg/persona y día)
Rf = factor de refinado, a saber, 1 para las grasas y aceites comestibles utilizados sin refinado ulterior y (teóricamente) 0 para las grasas y aceites completamente refinados antes de su utilización. (Como el refinado no se tiene en cuenta al establecer los criterios, en todos los casos Rf = 1, por definición.)
Bw = peso corporal (60 kg)

La cantidad de grasa o aceite consumida puede tomarse del Cuadro 3. Cabe concluir que es sumamente improbable que una persona cubra su ingestión diaria completa de grasas y aceites comestibles con un único tipo de grasa o aceite. Por consiguiente, el punto de partida más adecuado sería la ingestión más alta de un único tipo de grasa o aceite: 22 g/persona y día para el aceite de soja refinado. Esta estimación ha sido tomada de las dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS, que se basan en las cantidades de diversas

grasas y aceites comestibles importadas, exportadas y utilizadas en 13 grupos regionales. Los datos sobre ingestiones medias de grasas y aceites comestibles durante cinco años en los 13 grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos proceden de las hojas de balance de alimentos de la FAO para el período 1997–2001. La ingestión media de cada alimento en cada grupo se ponderó teniendo en cuenta el tamaño de la población del país (OMS, 2006a).

Aunque sería más adecuado utilizar datos sobre el consumo de alimentos como los que se obtienen en el Reino Unido o los Países Bajos, por ejemplo, se reconoce que el número de países en que hay datos de ese tipo es muy limitado. Por esta razón, se ha dado preferencia a las dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos.

A efectos del cálculo, se considera como criterio definitivo la exposición en una carga posterior de aceite de soja refinado, porque al redactar las listas de cargas anteriores aceptables no hay ninguna indicación acerca de cuál podría ser el tipo de carga posterior de grasa o aceite. Además, dado que las cargas posteriores de grasas o aceites deben ser aptas para el consumo humano en cualquier parte del mundo, está justificado tomar como referencia la ingestión más alta de un único tipo de grasa o aceite en cualquier lugar del mundo (es decir, la dieta M por grupos de consumo, de 22 g de aceite de soja refinado por persona y día).

Por ejemplo, un contaminante de una carga anterior, presente en una concentración de 100 mg/kg de grasa o aceite (es decir, la hipótesis más desfavorable descrita en el caso de las cisternas revestidas) daría lugar (con arreglo a la *fórmula 4*) a una dosis diaria de 0,037 mg/kg de peso corporal al día, sobre la base de que se consumen 22 g de aceite de soja refinado por persona y día y de que no hay una eliminación eficaz del residuo mediante el refinado. Si se supone además que esta dosis es consumida todos los días de la vida, ese contaminante sería una carga anterior inaceptable siempre que tuviera una IDA (o una IDT) inferior a esa dosis. A la inversa, si la carga anterior tuviera una IDA (o una IDT) superior a 0,037 mg/kg de peso corporal al día, la carga anterior podría ser considerada aceptable (desde un punto de vista toxicológico).

CUADRO 4

Datos generales sobre consumo de grasa o aceite

Tipo de grasa o aceite	Cantidad de grasa o aceite consumida (g/persona y día)	Antecedentes	Fuente
– Datos de hojas de balance de alimentos –			
Vegetal, total (+ margarina y grasa para cocinar)	78,5	Ingestión más alta de 13 dietas por grupos de consumo	Dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS
Animal, total (excl. productos lácteos)	27,4	Ingestión más alta de 13 dietas por grupos de consumo	Dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS
Vegetal, de un único tipo (aceite de soja refinado)	22	Ingestión más alta de 13 dietas por grupos de consumo	Dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS
Animal, de un único tipo (manteca de cerdo)	10,4	Ingestión más alta de 13 dietas por grupos de consumo	Dietas por grupos de consumo del SIMUVIMA/Alimentos de la OMS
– Datos de encuestas nacionales sobre consumo de alimentos –			
Vegetal, total		Media	Encuesta sobre consumo de alimentos de los Países Bajos
Población general^a:	27,0		
Niños^b:	16,4		
Animal, total		Media	Encuesta sobre consumo de alimentos de los Países Bajos
Población general^a:	2,1		
Niños^b:	1,2		
Vegetal, total			Encuesta sobre consumo de alimentos del Reino Unido
> 18 años:	19,9	Media	
4–6 años:	13,9		
Animal, total			Encuesta sobre consumo de alimentos del Reino Unido
> 18 años:	2,2	Media	
4–6 años:	2,1		
Vegetal, total			Encuesta sobre consumo de alimentos del Reino Unido
> 18 años:	52,4	percentil 97,5	
4–6 años:	31,8		
Animal, total			Encuesta sobre consumo de alimentos del Reino Unido
> 18 años:	13,0	percentil 97,5	
4–6 años:	8,8		

^a Población general = 1–65 años.

^b Niños = 1–6 años.

Si la carga posterior fuera otro tipo de grasa o aceite comestible, el resultado sería una exposición más baja. Por ejemplo, a partir de una carga posterior de manteca, se puede calcular una dosis diaria máxima de 0,017 mg/kg de peso corporal al día. Para esa misma sustancia, se consideraría que esta dosis no es motivo de preocupación toxicológica, siempre que tuviera una IDA (o una IDT) > 0,037 mg/kg de peso corporal al día.

Los siguientes aspectos han sido señalados como cuestiones que se prestan a controversia.

- Anteriormente se ha afirmado que “esta dosis es consumida todos los días de la vida”, lo que parece poco realista. La contaminación es un hecho raro. Téngase en cuenta que lo más probable es que la cantidad máxima de grasa o aceite contaminada en una cisterna sea de 3 000 toneladas. Si esta contaminación no fuera detectada por la empresa refinadora ni se eliminara en la etapa de la desodorización, la grasa o aceite contaminado se entregaría a muchos fabricantes de alimentos en cisternas de 20 toneladas. Por consiguiente estaría contenido en muchos productos alimenticios diferentes. Es poco probable que alguien consumiera más de un tipo de cada producto en un único día. Véase un ejemplo: 100 g de grasa o aceite contaminado consumidos por un individuo equivaldrían aproximadamente a 1,5 litros de helado o diez paquetes de patatas fritas en un único día, lo que representa una estimación excesiva. Puede que la grasa o aceite se haya utilizado para fabricar margarina de la que se compran en un supermercado varios paquetes al mismo tiempo. Esto significa que podría consumirse una pequeña cantidad, por ejemplo de 50 g, cada día durante un mes aproximadamente. Estas sí son estimaciones realistas de la ingestión máxima diaria de grasas o aceites contaminados y del período de tiempo durante el que se consumirían.
- Si sólo se incluyen las exposiciones accidentales, el mejor punto de partida para los cálculos es una porción de gran tamaño, es decir, 144 g de grasa de cerdo (2,15 g/kg de peso corporal, para una población general de 67 kg de peso corporal), pero en ese caso debería utilizarse una dosis de referencia aguda (DRA), y no la IDA (o la IDT) (OMS, 2006b).
- Cuando se trata de consumidores de ingestión elevada, se debería incluir en la evaluación de la ingestión crónica un factor adicional de 3 para ofrecer una protección suficiente (OMS, 1985). Sin embargo, es probable que sólo el 5 por ciento del total de las grasas y aceites transportados por buques de mar esté contaminado. Por consiguiente, es muy poco probable que haya consumidores de ingestión elevada durante toda su vida de una grasa o aceite contaminado con una carga anterior. La práctica más habitual es comparar el percentil 95 de la porción de mayor tamaño de los consumidores en un único día con la DRA, en lugar de corregir el consumo de ingestión elevada a lo largo de toda la vida. Por consiguiente, en la reunión se llegó a la conclusión de que no se debería incluir un factor adicional de 3 para tener en cuenta el consumo de ingestión elevada.
- Las dosis de referencia para períodos breves suscitan preocupación por muchas razones. No es posible formular hipótesis acerca de la brevedad de la exposición, especialmente cuando se trata de una única ocasión. Los efectos reproductivos que tienen lugar *in utero* no están relacionados con la exposición a lo largo de toda la vida. La teratogenicidad o la inhibición de la acetilcolina esterasa (AChE) pueden ser efectos pertinentes de breve duración y

cualquier dosis de referencia para períodos breves debería ser sin duda lo suficientemente baja para cubrir estos efectos u otros similares, pues de lo contrario el concepto mismo de dosis de referencia para períodos breves carecería de toda utilidad. Sin embargo, el concepto de dosis de referencia para períodos breves (léase “aguda”) ha sido un elemento importante de las evaluaciones de plaguicidas de la Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas (JMPR) y se han publicado directrices sobre el modo de calcular esa dosis (Solecki *et al.*, 2005). Por consiguiente, este concepto no puede ser descartado de forma inmediata. En realidad, la definición de “períodos breves” podría plantear un problema importante en la medida en que se relacionara con una única exposición de 24 horas o con una exposición más prolongada, por ejemplo de un mes. Por otra parte, existe el problema de cómo estimar las posibles concentraciones de cargas anteriores en las cargas posteriores de grasas y aceites. De hecho, podría ser preferible, y sin duda más seguro, no utilizar el concepto de dosis de referencia para períodos breves.

9. Criterios aplicables a las cargas anteriores aceptables

No es realista tratar de elaborar un sistema que tenga en cuenta todas las combinaciones posibles de carga anterior, tipo de construcción de la cisterna, sistema de limpieza y ulterior elaboración de la carga posterior de grasa o aceite. La única forma en que en la práctica se puede decidir si una sustancia es aceptable como carga anterior es suponer, de manera genérica, las condiciones más desfavorables, como la aplicación más o menos garantizada de métodos normalizados de transporte y almacenamiento y de limpieza de las cisternas (con arreglo a procedimientos operativos normales y a buenas prácticas de higiene) y estimaciones de la exposición por defecto.

Se ha elaborado un proyecto de lista de criterios aplicables a la evaluación de la aceptabilidad de una posible carga anterior a un transporte posterior de grasas y aceites comestibles, basándose en la hipótesis de que las grasas o aceites transportados o almacenados posteriormente no se han sometido a una elaboración ulterior. Ésta es la hipótesis más desfavorable, pero no se puede suponer que todas las grasas y aceites comestibles transportados se refinan después del transporte.

En el Recuadro 1 se ofrece el proyecto de lista de criterios propuestos para su examen en la reunión.

Cabe señalar que los criterios reseñados en el Recuadro 1 son poco precisos. Para poder ser añadida a la lista de cargas anteriores aceptables, toda sustancia pertinente deberá cumplir los criterios de la lista definitiva. El objetivo debería ser elaborar una lista de parámetros físicos, químicos y toxicológicos y de valores máximos o mínimos. Los criterios que figuran en esta lista no van acompañados de valores y podrían presentarse también en la forma en que aparecen en el Cuadro 5.

CUADRO 5

Posibles valores para los criterios propuestos

Parámetro	Valor	Unidades	Observaciones
Viscosidad	< 100	mPa.s	A 80 °C
Solubilidad en agua	> 1	mg/litro	A 20 °C
Solubilidad en una solución detergente			
Presión de vapor saturado	> 1	mPa	
IDA			
Límite de detección	≤ 0.1	mg/kg	En aceite

RECUADRO 1

Una sustancia puede considerarse aceptable como carga anterior para una carga posterior de grasas y aceites comestibles :

1. Únicamente si es imposible transportar la sustancia de un modo que no sea en cisternas reservadas exclusivamente para productos alimenticios.
2. A condición de que se transporte o almacene en un sistema debidamente diseñado, con hábitos adecuados de limpieza y procedimientos eficaces de inspección (véase la sección 2.1.3 del Código de Prácticas (CAC, 1987)).
3. Si es posible limpiarla eficazmente en las cisternas.
4. Si los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no dan lugar a un grado inaceptable de oxidación o hidrólisis de las cargas posteriores de grasas y aceites.
5. Si la sustancia no da lugar a otras reacciones químicas con la carga posterior de grasas y aceites.
6. Si los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no dan lugar a cambios organolépticos inaceptables (olor, color, sabor).
7. Si los residuos de la sustancia en la carga posterior de grasa o aceite no dan lugar a la aparición de efectos sobre la salud humana, como alergenicidad, intolerancia a alimentos, episodios genotóxicos o carcinógenos (podrán tenerse en cuenta los dictámenes del JECFA o de otros órganos reconocidos); a este respecto es de importancia primordial el tamaño de la cisterna en relación con la cantidad total que permanece en ella después de la limpieza.
8. Si la sustancia no es bioacumulativa ni persistente en los tejidos humanos.
9. Si la sustancia presente en la carga posterior de grasa o aceite puede ser rastreada mediante métodos de análisis fácilmente asequibles que sean lo suficientemente sensibles para detectar cantidades ínfimas del producto químico en cuestión o para verificar la ausencia de contaminación.
10. Si así lo han acordado las autoridades competentes del país importador (véase la sección 2.1.3 del Código de Prácticas (CAC, 1987)).

Referencias⁸

- AFOA (Asociación Americana de Grasas y Aceites).** 2006. *AFOA news: IMO Annex II Revision*. AFOA (disponible en: <http://www.afoaonline.news>. Consultado el 11 de mayo de 2006).
- Butterworth.** 2006. Product data sheet for tank cleaning machine LTG. Houston, Texas, USA (disponible en: <http://www.butterworth.com>).
- CAC (Comisión del Codex Alimentarius).** 2005. *Manual de Procedimiento del Codex* (15ª edición). Criterios generales para la selección de métodos de análisis conforme al planteamiento de criterios, pág. 80.
- CAC.** 1987. *Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Grasas y Aceites Comestibles a Granel*. CAC/RCP 36-1987 (Rev. 3-2005).
- CAC.** 1969. *Código Internacional Recomendado de Prácticas. Principios Generales de Higiene de los Alimentos*. CAC/RCP 1-1969 (Rev. 4-2003).
- Chemserve.** 2006. Miracle tank cleaning database (disponible en: <http://www.chemserve-marine.com>. Consultado en octubre de 2006).
- CIW (Commissie Integraal Waterbeheer).** 2002. *Integrale bedrijfstakstudie tankautoreiniging*. CIW, La Haya, Países Bajos (disponible en: <http://www.ciw.nl> o en <http://www.rijkswaterstaat.nl/rws/riza/ciw/bibliotheek/documenten/werkgroep-4/CIW-integrale-bedrijfstakstudie-tankautoreiniging.pdf>).
- Codex Stan.** 1999a. *Norma del Codex para Aceites Vegetales Especificados*. Codex Stan 210 (modificada en 2003, 2005).
- Codex Stan.** 1999b. *Norma del Codex para Grasas Animales Especificadas*. Codex Stan 211-1999.
- Codex Stan.** 1981a. *Norma del Codex para Grasas y Aceites No Regulados por Normas Individuales*. Codex Stan 19-1981, Rev. 2-1999.
- Codex Stan.** 1981b. *Norma del Codex para los Aceites de Oliva y los Aceites de Orujo de Aceituna*. Codex Stan 33-1981, Rev. 2-2003.
- Codex Stan.** 1981c. *Norma del Codex para la Manteca de Cacao*. Codex Stan 86-1981, Rev. 1-2001.
- Couts, J.** 1991. *Investigation into contamination of oils and fats by the absorption of previously carried cargo into the tank coating and subsequent release into oil or fat*. Information and Library Service, Felling, Report FLR 67/91R. Datos confidenciales.
- De Rijke.** 2006. Folleto (disponible en: <http://www.derijke.com>. Consultado el 11 de octubre de 2006).
- FEDIOL (Federación de la Industria Aceitera de la UE).** 2006. *Processing* (disponible en: <http://www.fediol.be>).
- FOSFA (Federación de Asociaciones de Aceites, Semillas y Grasas).** 2005a. FOSFA qualifications and operational procedures for ships engaged in the carriage of oils and fats in bulk for edible and oleo-chemical use, 1º de octubre de 2005., FOSFA International. Datos confidenciales.
- FOSFA.** 2005b. Contract 54 for vegetable and marine oil in bulk. FOSFA International. Datos confidenciales.
- Gelpí, E., Posada de la Paz, M., Terracini, B., Abaitua, I., Gómez de la Cámara, A., Kilbourne, E.M., Lahoz, C., Nemery, B., Philen, R.M., Soldevilla, L. y Tarkowski, S.** 2002. The Spanish toxic oil syndrome 20 years after its onset: a

⁸ Las referencias que figuran en esta lista se citan en el documento de antecedentes. Obsérvese que en el Anexo III se enumeran las fuentes de la información adicional recibida antes de la reunión y en el curso de ésta.

- multidisciplinary review of scientific knowledge. *Environ. Health Persp.*, 110(5): 457–464.
- Gunstone, F.D.** 1996. *Fatty acid and lipid chemistry* (1ª ed.). Londres, Blackie Academic and Professional.
- Hancock, J.N.S.** 2006a. Report of tank cleaning group. FOSFA International. Datos confidenciales.
- Hancock, J.N.S.** 2006b. Part one, oils and fats. Comunicación privada.
- ILSI (Instituto Internacional de Ciencias de la Vida).** 2005. *Threshold of Toxicological Concern (TTC). A tool for assessing substances of unknown toxicity present at low levels in the diet.* ILSI Europe Concise Monographs Series 2005: 1–31, ed. S. Barlow. Brussels, ILSI Europe (disponible en: <http://europe.ilsil.org/activities/riskassessment/ThresholdToxicologicalConcern.htm>).
- IPCS (Programa Internacional de Seguridad de las Sustancias Químicas).** 2006. *Chemicals in food.* IPCS, OMS, Ginebra, Suiza (disponible en: <http://www.who.int/ipcs/food/en>).
- IPCS.** 1987. *Environmental Health Criteria (EHC 70). Principles for the safety assessment of food additives and contaminants in food.* IPCS, OMS, Ginebra, Suiza (disponible en: <http://www.who.int/ipcs/food/en>).
- ISEO (Instituto de Grasa para Cocinar y Aceites Comestibles).** 2006. *Food fats and oils* (9ª ed.). Washington DC, ISEO (disponible en: <http://www.iseo.org>).
- ISO (Organización Internacional de Normalización).** 2006. *List of standards.* ISO (disponible en: <http://www.iso.org>).
- ITERG (Instituto Francés de Grasas y Aceites).** 2006a. *Fats and oils: autoxidation and rancidity phenomena.* Francia, ITERG (disponible en: <http://www.iterg.com>. Consultado el 16 de mayo de 2006).
- ITERG.** 2006b. Refining: removal of pesticides residues. Lecture held by X. Pagès (ITERG) at the 4th Euro Fed Lipid Congress, Madrid, 1–4 October 2006. Francia, ITERG (disponible en: http://www.iterg.com/article.php3?id_article=844. Consultado el 26 de enero de 2007).
- Karlshamms.** 2006. *Bulk handling of edible oils and fats* (disponible en: <http://www.karlsham.com>. Consultado el 15 de mayo de 2006).
- Lloyd's Register.** 2005. The 2007 revisions to MARPOL 73/78 Annex II and the IBC code. Lloyd's Register EMEA, Rev. 1.2, enero de 2005. Datos confidenciales.
- MEIC (Ministerio de Economía, Industria y Comercio).** 2006. Development of criteria for the evaluation of substances for inclusion/exclusion on the list of acceptable cargoes. Observaciones de Costa Rica. MEIC, Dirección de Mejora Regulatoria y Reglamentación Técnica, Secretaría Técnica del Codex en Costa Rica. Datos confidenciales.
- Mogerley, A.** 2006. Carta de la Dra. Costarrica, FAO, 13 de septiembre de 2006. Asunto: Observaciones sobre los criterios para la evaluación de sustancias con miras a su inclusión/exclusión en una lista de cargas anteriores aceptables en nombre del NIOP (Instituto Nacional de Productos de Semillas Oleaginosas). Datos confidenciales.
- N-PAL (Laboratorios de análisis NP).** 2006. *Measuring rancidity in fats and oils.* (disponible en: <http://www.ralstonanalytical.com>. Consultado el 16 de mayo de 2006).
- OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).** 2006. *OECD guidelines for the testing of chemicals. Vapour pressure* (disponible en: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).

- OCDE.** 1995a. *OECD guidelines for the testing of chemicals. Density of liquids and solids* (disponible en: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OCDE.** 1995b. *OECD guidelines for the testing of chemicals. Water solubility* (disponible en: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OCDE.** 1981. *OECD guidelines for the testing of chemicals. Viscosity of liquids* (disponible en: <http://puck.sourceoecd.org/vl=3293863/cl=11/nw=1/rpsv/home.htm>).
- OMI (Organización Marítima Internacional).** 2006a. Circular Letter No 2730. Subject: Entry into force of the revised Annex II to MARPOL 73/78 and the amended IBC code. OMI, Londres, 3 de julio de 2006. Datos confidenciales.
- OMI.** 2006b. Chapter 17 of the IBC code. Summary of minimum requirements. MSC/79/23/add 1, Annex 10. OMI, Londres (disponible en: <http://www.afaonline.org>. Consultado el 16 de mayo de 2006).
- OMI.** 2002. The revised GESAMP hazard evaluation procedure for chemical substances carried by ships. IMO/FAO/UNESCO-10C/WMO/WHO/IAEA/UN/UNEP Joint Group of Experts on the Scientific Aspects of Marine Environmental Protection (GESAMP), OMI, Londres. Datos confidenciales.
- OMS (Organización Mundial de la Salud).** 2006a. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food)*. GEMS/Food Consumption Cluster Diets (disponible en: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).
- OMS.** 2006b. *Global Environmental Monitoring System – Food Contamination Monitoring and Assessment Programme (GEMS/Food)*. GEMS/Food Short Term Diets (disponible en: <http://www.who.int/foodsafety/chem/gems/en/index.html>).
- OMS.** 2004. *Toxic oil syndrome. Ten years of progress*. Ed. B. Terracini. Organización Mundial de la Salud (disponible en: <http://www.euro.who.int>).
- OMS.** 1985. *Guidelines for the study of dietary intakes of chemical contaminants*. Publ. no. 87. Ginebra, Organización Mundial de la Salud.
- Scheldenet.** 2000. *Scheepvaart in de blauwe delta*. Rotterdam, The Netherlands (disponible en: <http://www.scheldenet.nl/upload-files/796-scheepvaart-in-de-blauwe-delta.pdf>).
- Solecki, R., Davies, L., Dellarco, V., Dewhurst, I., van Raaij, M y Tritscher, A.** 2005. Guidance on setting of acute reference dose (ARfD) for pesticides. *Food and Chemical Toxicology*, 43: 1569–1593.
- Tankers.** 2006. *Fleetlist of Jo Tankers* (disponible en: <http://www.jotankers.com>. Consultado el 12 de mayo de 2006).
- UE (Unión Europea).** 2004a. Directiva 2004/4/CE de la Comisión, de 15 de enero de 2004, que modifica la Directiva 93/43/CEE relativa a la higiene de los productos alimenticios, en lo que respecta al transporte marítimo de grasas y aceites líquidos a granel. DO L 15, 22.1.2004, p. 25–30.
- UE.** 2004b. Corrigendum a la Directiva 2004/4/CE de la Comisión, de 15 de enero de 2004, que modifica la Directiva 93/43/CEE relativa a la higiene de los productos alimenticios, en lo que respecta al transporte marítimo de grasas y aceites líquidos a granel. DO L 81, 19.3.2004, p. 92.
- UE.** 2003. Directiva 2003/89/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 10 de noviembre de 2003 por la que se modifica la Directiva 2000/13/CE en lo que respecta a la indicación de los ingredientes presentes en los productos alimenticios. DO L 308, 25.11.2003, p. 15–18.
- UE.** 1996. Directiva 96/3/CE de la Comisión de 26 de enero 1996 por la que se establece una excepción a determinadas disposiciones de la Directiva

93/43/CEE del Consejo relativa a la higiene de los productos alimenticios, en lo que respecta al transporte marítimo de aceites y grasas líquidos a granel. DO L 21, 27.1.1996, p. 42-46.

UE. 1993. Reglamento (CEE) N° 315/98 del Consejo, de 8 de febrero 1993, por el que se establecen procedimientos comunitarios en relación con los contaminantes presentes en los productos alimenticios. DO L 37, 13.2.1993, p. 1-3.

Verwey, A. 1998. *Tank cleaning guide, chemical laboratory "Dr A Verwey"*, Rotterdam (6ª ed.) (disponible en: <http://www.drverwey.nl>).

Apéndice 1

Proyecto de lista de cargas anteriores aceptables⁹
(en el trámite 7 del Procedimiento)

Sustancia (sinónimos)	Nº del CAS
Ácido acético (ácido etanoico; ácido de vinagre; ácido carbocílico de metano)	64-19-7
Anhídrido acético (anhídrido etanoico)	108-24-7
Acetona (dimetilcetona; 2-propanona)	67-64-1
Destilados de aceites ácidos y ácidos grasos: procedentes de aceites y grasas animales, marinas y vegetales	
Hidróxido amónico (hidrato de amonio; solución de amoníaco; aguamonio)	1336-21-6
Polifosfato amónico	68333-79-9
Aceites y grasas animales, marinas y vegetales (incluidos aceites y grasas hidrogenados) distintos de aceite de nuez de anacardo y aceite de resina	
Cera de abeja – blanca	8006-40-4
Cera de abeja – amarilla	8012-89-3
Alcohol bencílico (de calidad farmacéutica y de reactivo)	100-51-6
1,3-Butanediol (1,3-butilenglicol)	107-88-0
1,4-Butanediol (1,4-butilenglicol)	110-63-4
Acetato de butilo, n-	123-86-4
Acetato de butilo, sec-	105-46-4
Acetato de butilo, terc-	540-88-5
Solución de cloruro cálcico	10043-52-4
Lignosulfonato cálcico líquido (licor de lignina; lejía de sulfito)	8061-52-7
Cera candelilla	8006-44-8
Cera carnauba (cera del Brasil)	8015-86-9
Ciclohexano (hexametileno; hexanafteno; hexahidrobenceno)	110-82-7
Etanol (alcohol etílico; licores)	64-17-5
Acetato etílico (éter acético; éster acético; nafta de vinagre)	141-78-6
2-Etilhexanol (2-alcohol etilhexílico)	104-76-7
Ácidos grasos	
Ácido de cacahuete (ácido eicosanoico)	506-30-9
Ácido behénico (ácido docosanoico)	112-85-6
Ácido butírico (n-ácido butírico; ácido butanoico; ácido etilacético; ácido forínico de propilo)	107-92-6
Ácido cáprico (n-ácido decanoico)	334-48-5
Ácido caproico (n-ácido hexanoico)	142-62-1
Ácido caprílico (n-ácido octanoico)	124-07-2
Ácido erúcico (cis-13-ácido docosenoico)	112-86-7
Ácido heptoico (n-ácido heptanoico)	111-14-8
Ácido láurico (n-ácido dodecanoico)	143-07-7
Ácido lauroleico (ácido dodecenoico)	4998-71-4
Ácido linoleico (9,12-ácido octadecadienoico)	60-33-3
Ácido linolénico (9,12,15-ácido octadecatrienoico)	463-40-1
Ácido mirístico (n-ácido tetradecanoico)	544-63-8
Ácido miristoleico (n-ácido tetradecenoico)	544-64-9
Ácido oleico (n-ácido octadecenoico)	112-80-1

⁹ CAC/RCP 36-1987, Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Grasas y Aceites Comestibles a Granel (CAC, 1987).

Sustancia (sinónimos)	Nº del CAS
Ácido palmítico (n-ácido hexadecanoico)	57-10-3
Ácido palmitoleico (cis-9-ácido hexadecenoico)	373-49-9
Ácido pelargónico (n-ácido nonanoico)	112-05-0
Ácido rinoleico (cis-12-hidroxióctadec-9-ácido enoico; ácido de aceite de ricino)	141-22-0
Ácido esteárico (n-ácido octadecanoico)	57-11-4
Ácido valérico (n-ácido pentanoico; ácido valeriánico)	109-52-4
Alcoholes grasos	
Alcohol butílico (1-butanol; alcohol butírico)	71-36-3
Alcohol caproílico (1-hexanol; alcohol hexílico)	111-27-3
Alcohol caprílico (1-n-octanol; heptilcarbinol)	111-87-5
Alcohol cetílico (alcohol C-16; 1-hexadecanol; alcohol palmítico; n- alcohol hexadecílico primario)	36653-82-4
Alcohol decílico (1-decanol)	112-30-1
Alcohol isodecílico (isodecanol)	25339-17-7
Alcohol enantilo (1-heptanol; alcohol heptílico)	111-70-6
Alcohol laurílico (n-dodecanol; alcohol dodecílico)	112-53-8
Alcohol miristilo (1-tetradecanol; tetradecanol)	112-72-1
Alcohol nonilo (1-nonanol; alcohol pelargónico; octilcarbinol)	143-08-8
Alcohol isononilo (isononanol)	27458-94-2
Alcohol de oleilo (octadecenol)	143-28-2
Alcohol de estearilo (1-octadecanol)	112-92-5
Alcohol de tridecilo (1-tridecanol)	27458-92-0
Ésteres de ácidos grasos: combinación de los ácidos grasos <i>supra</i> con los alcoholes grasos	
P.ej. Miristato de butilo	110-36-1
Estearato de cetilo	110-63-2
Palmitato de oleilo	2906-55-0
Mezclas de alcoholes grasos	
Alcohol de estearilo cetílico (C16-C18)	67762-27-0
Alcohol de miristilo laurílico (C12-C14)	
Ácido fórmico (ácido metanoico; ácido carboxílico de hidrógeno)	64-18-6
Glicerina (glicerol)	56-81-5
Heptano	142-82-5
n-Hexano	110-54-3
Acetato de isobutilo	110-19-0
Alcohol de isooctilo (isooctanol)	26952-21-6
Alcohol de isopropilo (isopropanol; carbinol dimetilo; 2-propanol)	67-63-0
Limoneno (dipenteno)	138-86-3
Solución de cloruro magnésico	7786-30-3
Metanol (alcohol metílico)	67-56-1
Cetona de metiletilo (2-butanona; MEK)	78-93-3
Cetona de metilisobutilo (4-metil-2-pentanona; isopropilacetona; MIBK)	108-10-1
Éter de metilbutilo terciario (MBTE)	1634-04-4
Melazas	57-50-1
Cera montana	8002-53-7
Pentano	109-66-0
Cera de petróleo (parafina)	8002-74-2
Ácido fosfórico (ácido ortofosfórico)	7664-38-2
Agua potable: sólo aceptable cuando la carga inmediatamente anterior figure también en la lista	7732-18-5
Glicol de polipropileno	25322-69-4
Solución de hidróxido de potasio (potasa cáustica)	1310-58-3

Sustancia (sinónimos)	Nº del CAS
Acetato de propilo	109-60-4
Alcohol propílico (propano-1-ol; l-propanol)	71-23-8
Glicol de propileno, 1,2- (1,2-glicol de propileno; propano-1,2-diol; 1.2-dihidroxiopropano; glicol de monopropileno (MPG); glicol de metilo)	57-55-6
Tetrámero de propileno (tetrapropileno; dodeceno)	6842-15-5
Dióxido de silicona (microsílice)	7631-86-9
Solución de hidróxido sódico (sosa cáustica, lejía; hidrato sódico; sosa cáustica blanca)	1310-73-2
Silicato sódico (cristal de agua)	1344-09-8
Sorbitol (D-sorbitol; alcohol hexahídrico; D-sorbito)	50-70-4
Aceite de soja epoxidizado	8013-07-8
Ácido sulfúrico	7664-93-9
Solución de nitrato amónico de urea (UAN)	
Aceites minerales blancos	8042-47-5

Anteproyecto de lista de cargas anteriores aceptables¹⁰
(en el trámite 4 del Procedimiento)

Sustancia (sinónimos)	Nº del CAS
2,3-Butanediol (2,3-glicol de butileno)	513-85-9
Isobutanol (2-metil-1-propanol)	78-83-1
Solución de nitrato amónico cálcico	6484-52-2
Solución de nitrato cálcico (CN-9)	35054-52-5
Ciclohexanol	108-93-0
Ciclohexanona	108-94-1
Ésteres metílicos de ácidos grasos. Incluyen, por ejemplo:	
Laurato de metilo (dodecanoato de metilo)	111-82-0
Oleato de metilo (octadecenoato de metilo)	112-62-9
Palmitato de metilo (hexadecanoato de metilo)	112-39-0
Estearato de metilo (octadecanoato de metilo)	112-61-8
Peróxido de hidrógeno	7722-84-1
Pasta de caolín	1332-58-7
1,3 –glicol de propileno	504-63-2
Mezcla de ácidos grasos no fraccionados o de ácidos grasos procedentes de grasas y aceites naturales	
Mezcla de alcoholes grasos no fraccionados o de alcoholes grasos procedentes de grasas y aceites naturales	
Ésteres grasos no fraccionados o mezclas de ésteres grasos procedentes de grasas y aceites naturales	
Aceite vegetal epoxidizado	

¹⁰ CAC/RCP 36-1987, Código Internacional Recomendado de Prácticas para el Almacenamiento y Transporte de Grasas y Aceites Comestibles a Granel (CAC, 1987).

Otras fuentes de información

Además de las referencias citadas en el informe principal y de las incorporadas en el documento de antecedentes, justo antes de la reunión y en el curso de ésta se recibió la siguiente información:

- Woods, B.** 2000. Cargo tank coatings and cargo contamination. Milbros Shipping AS. Datos confidenciales.
- Moy, G.** 2006a. Correo electrónico a la Dra. Costarrica, FAO, 1º de noviembre de 2006. Asunto: Consulta FAO/OMS sobre cargas anteriores. Contiene observaciones sobre el documento de antecedentes.
- MVO (Junta Neerlandesa de Producción de Margarinas, Grasas y Aceites).** 2006. Correo electrónico al Dr. Mennes, RIVM, 6 de noviembre de 2006, y fax, 7 de noviembre de 2007. Asunto: Reunión de Expertos FAO/OMS/RIVM sobre cargas anteriores de aceites y grasas. Contiene observaciones sobre el documento de antecedentes y datos relativos a diversas sustancias que figuran en el proyecto de lista de cargas anteriores aceptables. Datos confidenciales.
- SCF (Comité Científico de la Alimentación Humana).** 2003. *Dictamen sin fecha del Comité Científico de la Alimentación Humana sobre el posible riesgo para la salud humana, derivado del transporte en las cisternas de los buques de aceites y grasas, de sustancias propuestas como cargas anteriores aceptables* (emitido el 4 de abril de 2003). Comisión Europea, Dirección General de Protección de la Salud y del Consumidor - General, SCF, report SCF/CD/CNTM/CARGO/16Final.
- SCF.** 1996. *Dictamen sobre el posible riesgo para la salud humana, derivado del transporte en las cisternas de los buques de aceites y grasas, de sustancias propuestas como cargas anteriores aceptables* (emitido el 20 de septiembre de 1996). Comisión Europea, Dirección General de Protección de la Salud y del Consumidor - General, SCF, 40th series of reports.
- Tritscher, A.** 2006. Correo electrónico al Dr. G. Moy, OMS, 7 de noviembre de 2006. Asunto: Consulta FAO/OMS sobre cargas anteriores. Contiene observaciones sobre el documento de antecedentes.

ISBN 978-92-5-305699-6



9 789253 056996

TC/MIA1090S/1/01.09/300