

NACIONES UNIDAS
NUEVA YORK

ORGANIZACION
DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA
LA AGRICULTURA
Y LA
ALIMENTACION
ROMA

ORGANIZACION
DE LAS NACIONES
UNIDAS PARA
LA EDUCACION,
LA CIENCIA
Y LA CULTURA
PARIS

ORGANIZACION
MUNDIAL
DE LA SALUD
GINEBRA

ORGANIZACION
METEOROLOGICA
MUNDIAL
GINEBRA

ORGANIZACION
CONSULTIVA
MARITIMA INTER-
GUBERNAMENTAL
LONDRES

ORGANISMO
INTERNACIONAL
DE ENERGIA
ATOMICA
VIENA



**GRUPO MIXTO DE EXPERTOS OCMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/OIEA/
NACIONES UNIDAS SOBRE LOS ASPECTOS CIENTIFICOS DE LA
CONTAMINACION DE LAS AGUAS DEL MAR
- GESAMP -**

INFORMES Y ESTUDIOS

Nº. 3

1976

**CRITERIOS CIENTIFICOS PARA LA SELECCION DE LUGARES
PARA EL VERTIMIENTO DE DESECHOS EN EL MAR**



ORGANIZACION DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION

INFORMES Y ESTUDIOS No. 3

Grupo Mixto de Expertos OCMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/OIEA Naciones Unidas
Sobre los Aspectos Científicos de la Contaminación de las Aguas del Mar

CRITERIOS CIENTÍFICOS PARA LA SELECCIÓN DE LUGARES
PARA EL VERTIMIENTO DE DESECHOS EN EL MAR

ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN
ROMA, 1976

PREPARACION DE ESTE INFORME

El presente documento es una traducción directa al español de la versión original inglesa del informe del Grupo de Trabajo del GESAMP encargado de estudiar las bases científicas para la eliminación de desechos en el mar.

El Grupo de Trabajo se ha reunido en Roma, desde el 4 al 8 de febrero 1974, y en Copenhagen, desde el 5 al 11 de octubre con la participación de los siguientes expertos: Dr. B.H. Ketchum, Dr. G. Kullenberg (Presidente), Dr. S.-A. Malmberg, Dr. J.E. Portmann, Dr. G.H. Tomczak (Secretario Técnico), Dr. M. Waldichuk y Dr. G.F. Weichart.

El Grupo de Trabajo ha sido encargado de identificar los vacíos existentes en nuestro conocimiento actual, enfocar las necesidades urgentes de investigación y sugerir las prioridades, particularmente en relación al destino de los desechos en el mar. Las actividades del Grupo de Trabajo contaron con el ayuda económica de UNEP.

Este documento está disponible en inglés y francés, y será publicado también en ruso.

La cita bibliográfica de este documento es la siguiente:

Grupo Mixto de Expertos OCMI/FAO/UNESCO/OMM/OMS/OIEA/Naciones
1976 Unidas sobre los Aspectos Científicos de la
Contaminación de las Aguas del Mar (GESAMP),
Criterios científicos para la selección de lugares
para el vertimiento de desechos en el mar. Inf. Estud.
GESAMP, (3):24 p.

CRITERIOS CIENTIFICOS PARA LA SELECCION DE LUGARES PARA EL
VERTIMIENTO DE DESECHOS EN EL MAR

INDICE

	<u>Página</u>
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. CARACTERISTICAS Y POSIBLES EFECTOS DE LOS DESECHOS	4
2.1 Características y efectos biológicos	4
2.2 Características y efectos químicos	6
2.3 Características físicas y efectos	8
2.4 Materias orgánicas	8
2.5 Fangos de alcantarilla y productos del dragado	9
2.6 Desechos voluminosos y en contenedores	10
3. METODO DE ELIMINACION	11
3.1 Desechos contenerizados	11
3.2 Desechos en carga a granel: técnica de descarga	12
3.3 Desechos en carga a granel: dispersión	12
4. OTROS USOS	14
5. SELECCION DE LUGARES	15
5.1 Características biológicas	15
5.2 Características de los sedimentos	17
5.3 Características de la dispersión	17
6. OBSERVACIONES EN EL LUGAR	20
6.1 Observaciones biológicas	21
6.2 Observaciones químicas	22
6.3 Observaciones físicas	22
7. TEMAS QUE REQUIEREN MAS INVESTIGACIONES	23
7.1 Aspectos biológicos y químicos	23
7.2 Aspectos físicos	24
8. REFERENCIAS	25

RESUMEN

Las principales preocupaciones en relación con el vertimiento de desechos en el mar son sus posibles efectos adversos sobre los recursos vivos. Los efectos sobre la utilización por el hombre se vinculan principalmente con la bioacumulación de sustancias en los organismos marinos, la contaminación de los alimentos de origen marino y la reducción de los atractivos naturales a consecuencia de la decoloración, la turbidez o las materias flotantes. Los desechos que más preocupación causan son aquellos que son tóxicos para los organismos marinos o se acumulan en ellos en concentraciones sustancialmente mayores que las que alcanzan en el medio ambiente, y que llegan al mar en grandes cantidades o permanecen en él durante largo tiempo. En lo que respecta a la eliminación de desechos líquidos, un objetivo principal es su dispersión rápida y en una zona amplia.

El vertimiento de las materias permitidas por el Convenio de Londres debería efectuarse de modo que se evitaran o minimizaran los efectos indeseables de las siguientes maneras: 1) logrando la mayor dilución inicial mediante procedimientos adecuados de eliminación; 2) seleccionando las zonas donde los procesos de dispersión (transporte y mezcla) son activos; y 3) evitando las zonas especialmente delicadas.

Los fangos de aguas cloacales y los residuos de las operaciones de dragado constituyen alrededor del 90% del total de las materias que se vierten actualmente en el mar para su eliminación. Ambos pueden contener metales pesados, hidrocarburos de petróleo, grasas y aceites animales y vegetales e hidrocarburos clorados. También pueden introducir en el mar microorganismos que requieren atención especial, particularmente bacterias y virus patógenos.

En ciertos casos, los desechos son contenerizados. Se recomienda una densidad total de por lo menos 1,2 gr por cm^3 para que los contenedores de desechos se hundan hasta el fondo y permanezcan allí. Dado que los materiales contenerizados y los sólidos voluminosos entorpecen la pesca de arrastre en profundidad, deberían arrojarse sólo en zonas seleccionadas en aguas profundas.

Las observaciones biológicas tal vez deberían incluir: los recursos pesqueros, la productividad primaria, las poblaciones bentónica y de zooplancton, así como la turbidez, el oxígeno disuelto y el tipo de sedimentos. Las mediciones químicas del agua, el bentos y los sedimentos podrían incluir los compuestos orgánicos de cloro, los hidrocarburos de petróleo, las sustancias nutritivas y metales como el mercurio y el cadmio. Las observaciones físicas deberían tener como objetivo principal la evaluación de los procesos de dispersión. Sería conveniente conocer las características del viento y del oleaje, la distribución vertical de la densidad, incluida la profundidad de la capa termoclina, y algunos datos sobre las corrientes y las condiciones de los fondos.

Se han identificado varias esferas en las que convendría realizar investigaciones con carácter prioritario, ya que, de llevarse a cabo, tales investigaciones aumentarían muchísimo nuestra capacidad de predicción.

1. INTRODUCCION

El vertimiento* de desechos en el mar es sólo uno de los métodos de eliminación de materiales, y debería efectuarse sólo después de que se hubieran considerado exhaustivamente todos los otros posibles métodos de evacuación del desecho. Idealmente, el único método definitivo para eliminar la evacuación como desechos de sustancias conservativas es la recuperación y reutilización de los materiales que actualmente se consideran desechos; las otras operaciones de evacuación se limitan a trasladar materias de una parte a otra de nuestro medio ambiente. La decisión de considerar que una sustancia es un "desecho" en lugar de un "recurso natural" en potencia se basa en principios económicos y no científicos, ya sea porque no se dispone de la tecnología necesaria para recuperar el material en forma útil o porque el costo de la recuperación es mayor que el valor del producto recuperado.

Para ciertos desechos, y en circunstancias particulares, el costo de la eliminación en el mar puede ser menor que el del reciclaje o el de la eliminación en tierra, pero ese costo debe ser evaluado en relación con el riesgo y el costo de dañar los recursos marinos. Por consiguiente, es posible que haya que confrontar los bajos costos de operación con los costos del daño causado al medio ambiente, que pueden ser muy altos. Cabe reconocer, sin embargo, que el medio ambiente no puede dividirse en compartimientos definidos y que deben examinarse el costo y el riesgo de los efectos de la eliminación de desechos mediante diversos métodos. Llegado el caso, puede ser necesario elegir un método, aunque se cause algún daño, simplemente porque es la solución a largo plazo más segura; las consideraciones financieras pueden o no ayudar a justificar tal medida.

Sin embargo, el Grupo de Trabajo del GESAMP encargado de estudiar las bases científicas para la eliminación de desechos en el mar no ha tomado en consideración el análisis de costos-beneficios, que es uno de los elementos que intervienen en la eliminación de desechos tal como se la practica actualmente, ni tampoco examinó otros posibles métodos de eliminación; pero convino en que siempre habrá que tenerlos en cuenta al elegir el mejor procedimiento. El objetivo de este informe, de acuerdo con el mandato del grupo de trabajo (véase apéndice II), es considerar de qué manera pueden evaluarse y reducirse al mínimo los efectos de la eliminación de desechos y, particularmente, qué principios científicos deben intervenir en la selección de los lugares para la evacuación de desechos.

El grupo de trabajo convino en que la eliminación de desechos en el mar puede ser examinada en forma científica sin tener en cuenta la justificación de la eliminación de desechos. El mar tiene capacidad para recibir una cantidad limitada de desechos. Con frecuencia, ésta se relaciona principalmente con su enorme volumen. La capacidad de autopurificación y de amortiguación de las aguas es limitada, en tanto que el fondo del mar como vertedero no siempre es eficaz para todo tipo de material.

* La definición de vertimiento usada por el grupo de trabajo es la del Convenio de Londres sobre el vertimiento de desechos en el mar (Naciones Unidas, 1972).

El grupo de trabajo no examinó la eliminación de desechos radiactivos en el mar, ya que este aspecto es objeto de estudio en un grupo de trabajo especializado (OIEA, 1974, 1975). En la cuarta reunión del GESAMP, un Grupo de Trabajo Especial sobre las consecuencias de la perturbación de los fondos marinos por la acción del hombre examinó el problema del vertimiento en relación con ciertas características geológicas marinas determinadas (GESAMP IV/19, anexo VII).

Al preparar este informe, el grupo de trabajo tuvo presente que había un volumen considerable de experiencia al que se podía recurrir en relación con los efectos del vertimiento en el mar. Se han citado algunos ejemplos de la propia experiencia de los miembros; no debe suponerse que dichos ejemplos signifiquen que el vertimiento de esos desechos determinados sea seguro en cualesquier condiciones. Por lo tanto, el lector debería prestar la atención necesaria a las condiciones particulares de toda zona propuesta para el vertimiento antes de tomar una decisión respecto de una situación nueva.

En la evaluación de los probables efectos del vertimiento de desechos en el mar intervienen varias disciplinas, a saber, la oceanografía física, la química, la sedimentología y la biología marina, todas las cuales son interdependientes y no pueden ser consideradas en forma aislada. En un informe de esta magnitud ha sido necesario concentrar la atención en la identificación de los asuntos de importancia primordial para predecir el comportamiento y los efectos de los materiales tras su vertimiento en el mar. Habiendo hecho esto, se ha intentado identificar aquellas esferas en que los conocimientos son razonablemente precisos y también aquéllas en que son insuficientes.

Los efectos perjudiciales de la contaminación del mar incluyen los daños causados a los organismos marinos, los peligros para la salud humana, el entorpecimiento de las actividades marítimas y la reducción de los atractivos naturales. De los diversos usos del mar que pueden ser afectados por la eliminación de desechos por vertimiento, el grupo de trabajo consideró que debía prestarse atención especialmente a los recursos vivos del mar y su explotación. Se entendió que éstos incluían las especies que son o pueden ser explotadas comercialmente y los organismos que le sirven de alimento y de los que dependen directa o indirectamente, más la necesidad de evitar el entorpecimiento de la actividad pesquera. Cabe señalar que, en muchos casos, los organismos más jóvenes son especialmente vulnerables. Algunas zonas del medio marino que actualmente no contienen recursos comerciales tienen, sin embargo, un valor potencial en este sentido y deben ser protegidas. El grupo de trabajo comprendió también que debían considerarse los aspectos relacionados con la salud humana, especialmente en lo que respecta a la posible contaminación de los recursos alimentarios.

Algunos posibles campos de interés que pueden ser importantes en ciertas circunstancias incluyen la acuicultura, el esparcimiento, la preservación de las especies en peligro de extinción y la explotación de los recursos minerales en los fondos marinos o bajo ellos.

Al evaluar las especies o los usos más delicados que deben ser protegidos, cabe señalar las ventajas del enfoque de la trayectoria crítica, que se ha utilizado con éxito en la esfera de la eliminación de desechos radiactivos. Los problemas que entraña la adaptación de este enfoque a la eliminación de desechos no radiactivos son complejos, debido a la mayor variabilidad de las especies delicadas o de los usos que han de tenerse presentes, además de los diferentes tipos de desechos y las distintas modalidades de acción. Sin embargo, debería ser posible aplicar ese sistema, que tiene considerables ventajas, ya que una vez que se ha tomado la decisión sobre lo que se ha de proteger, todos los demás intereses quedan subordinados (Preston, 1974).

En este informe se tratan las diversas propiedades de la materia de desecho que es necesario conocer para comprender cómo se comportará en el medio marino, y se examinan las formas en que estas propiedades pueden ser afectadas según el método de eliminación utilizado. Los métodos de eliminación examinados incluyen la descarga desde barcasas de tolva, las descargas en la estela de los buques y el vertimiento de desechos contenerizados u otros desechos voluminosos. Debe señalarse especialmente la necesidad de lograr que se respeten las condiciones de las licencias, especialmente en relación con el lugar y el método de la eliminación.

El grupo de trabajo desea hacer hincapié en que este informe no tiene por objeto reemplazar al anexo III de ninguno de los Convenios sobre vertimiento (Noruega, 1972; Naciones Unidas, 1972), que siempre es necesario tener en cuenta; más bien, se espera que este informe sirva para ampliar y clarificar la lista de temas del anexo III de ambos Convenios. A los fines de cumplir con su mandato, el grupo de trabajo ha preparado su informe con arreglo al siguiente orden:

- i) ¿Cuáles son las características biológicas, físicas y químicas de los desechos y sus posibles efectos en el medio marino?
- ii) ¿Cómo pueden minimizarse esos efectos mediante una elección adecuada del método de eliminación?
- iii) ¿Cómo pueden minimizarse esos efectos mediante la elección adecuada del lugar del vertimiento?

En vez de examinar las diversas zonas de los océanos, tales como las aguas costeras poco profundas, los fiordos y la alta mar, el grupo de trabajo prefirió trabajar sobre una base más general, dando ejemplos concretos como ilustración. Finalmente, de conformidad con su mandato, el grupo de trabajo preparó una sección sobre las necesidades de investigación, en la que se ha intentado identificar las que requieren atención con más urgencia.

2. CARACTERISTICAS Y POSIBLES EFECTOS DE LOS DESECHOS

Las características de los desechos pueden agruparse en tres categorías de propiedades: físicas, químicas y biológicas. Las tres categorías influyen en los efectos de los desechos sobre el medio marino. Podrían aplicarse criterios distintos para las sustancias degradables y para las no degradables, por ejemplo; también el grado de toxicidad de las sustancias y su turbidez podrían influir en la selección de los sitios de vertimiento.

2.1 Características y efectos biológicos

Entre los desechos que más preocupan en relación con la vida marina se incluyen: las materias tóxicas para los organismos marinos; las que se acumulan en los organismos hasta un grado de concentración bastante mayor que en el medio; las que llegan al medio en grandes cantidades y las que persisten en el medio durante plazos prolongados. En general, se reconoce que existen algunas sustancias de naturaleza especialmente peligrosa para el medio marino o para sus recursos. Esas sustancias se enumeran en el anexo I de los Convenios sobre vertimientos y su eliminación deliberada mediante vertimientos no está permitida.

Otros desechos que plantean menos riesgos, como el fango de alcantarillas y los productos de dragado contaminados, también pueden introducir microorganismos en el mar y, en consecuencia, requerir una atención especial. Causan preocupación principalmente las bacterias y los virus patógenos. También pueden encontrarse amebas, parásitos, fermentos y hongos capaces de causar enfermedades en el hombre. Lo que sobre todo interesa al verter esos desechos contaminados es evitar la posibilidad de que avancen hacia las playas o regresen al hombre por conducto de sus alimentos, especialmente en los mariscos que se pueden consumir crudos o sin esterilización mediante cocción adecuada. A fin de proteger la salud humana, tal vez deban prohibirse la pesca y la comercialización de mariscos en las cercanías de las zonas de vertimiento de fango de alcantarilla y de productos de dragado, o por lo menos someterlas a un control higiénico sistemático. Esto no implica, sin embargo, que el desarrollo o la reproducción de mariscos esté necesariamente afectado.

Para causar enfermedades en el ser humano, los agentes patógenos deben ser ingeridos en ciertos niveles mínimos de dosis infecciosa. Para los riesgos microquímicos también se requieren determinados niveles nocivos. Algunos microorganismos enteropatógenos ofrecen considerable resistencia a los diversos efectos del agua de mar. Es claro que deben realizarse investigaciones microbiológicas sobre los problemas vinculados con los fangos de alcantarilla.

Debe evaluarse la toxicidad aguda de los desechos para los organismos marinos, a fin de precisar el grado de dilución y de dispersión necesario para que esas materias se vuelvan inocuas. El método tradicional consiste en realizar bioensayos, generalmente de 96 horas, para determinar el grado de concentración que produce la muerte en la mitad de la población de los organismos de prueba durante ese plazo.

Lo ideal es que el organismo de prueba sea el más sensible y el más importante localmente en la zona de vertimiento prevista, o un organismo que sea decisivo para el mantenimiento del sistema ecológico de esa zona. Esto no siempre es posible ya que puede ser difícil que el primer tipo de organismo se mantenga vivo hasta en las mejores condiciones de laboratorio, con frecuencia tampoco es posible mantener las etapas de vida más sensibles y, por último, pueden desconocerse los organismos decisivos. Los resultados de los bioensayos se aplican, pues, con factores de aplicación de uno a tres órdenes de magnitud.

Otra dificultad en la aplicación de los resultados de ensayos biológicos al vertimiento de desechos, cuando el objetivo es la dispersión y la dilución, radica en que los organismos no están expuestos en el mar a una concentración fija sino, por el contrario, a una concentración que va en constante disminución, ya que la mezcla y la dilución naturales con el agua de mar no contaminada siguen al vertimiento. Serían útiles los bioensayos que simularan esa dilución natural en el laboratorio, pero de momento parece muy improbable que puedan realizarse y controlarse esos ensayos. Por lo tanto, se sugiere que por regla general se estipule que la concentración considerada tóxica en un bioensayo de 96 horas sea la concentración máxima admisible en el sitio de vertimiento una hora después de la descarga. Cabe esperar que la mezcla y dilución ulteriores durante los cuatro días siguientes ofrezcan factores adicionales de seguridad. Podrían ser necesarios otros factores de seguridad para los desechos que se acumulasen, ya sea biológica o físicamente, o cuando la descarga se hiciese en condiciones de calma.

También debe evaluarse la posibilidad de efectos tóxicos crónicos, subletales. Esos efectos a más largo plazo pueden perturbar ciertas actividades de los organismos marinos como la alimentación, la reproducción y las migraciones. También es posible que la exposición a concentraciones subletales de algunas materias contaminantes haga que el organismo sea más vulnerable a las enfermedades o a otras sobrecargas (stress) del medio. Sin embargo, si los desechos se dispersan en una zona de circulación rápida, es posible que esos efectos subletales no revistan demasiada importancia. Algunas actividades de eliminación de desperdicios pueden crear concentraciones locales de materias contaminantes en el fondo marino, tales como la eliminación de fango de alcantarilla o de productos del dragado. En esos casos deben evaluarse los efectos crónicos.

Los organismos vivos pueden acumular en sus tejidos algunas materias contaminantes en un grado de concentración mayor que el del medio. Por ejemplo, los metales pesados pueden combinarse con las proteínas, y el petróleo y los hidrocarburos clorados se concentran en los lípidos. Esa bioacumulación es resultado de un desequilibrio entre la tasa de asimilación y la tasa de excreción. El factor de concentración, es decir, la relación entre la concentración en el organismo y la concentración en el agua, puede alcanzar varios órdenes de magnitud. Cuando esos organismos son consumidos, el agente que los consume ingiere a su vez cantidades mayores de materias contaminantes que aquellas a las que de otro modo estaría expuesto. Si bien se reconoce que las sustancias como el mercurio y el DDT y los productos de su descomposición son potencialmente perjudiciales a los organismos marinos y al hombre, no debe suponerse que la bioacumulación en sí sea nociva, puesto que la bioacumulación puede representar también un mecanismo mediante el cual el organismo reacciona contra el efecto tóxico.

Otro efecto indirecto del vertimiento puede ser el cambio de las características del hábitat. Esto puede adquirir importancia crítica cuando los desechos se acumulan en el fondo. Los organismos bentónicos sésiles pueden sofocarse si los desechos se acumulan en una capa de unos pocos centímetros y las características del fondo podrían cambiar, de forma que ya no fueran adecuadas para el estilo de vida del bentos natural y de los organismos que se alimentan de él. Por lo general, esas profundidades modificadas serán invadidas por especies oportunistas (tales como el gusano Capitella) que se reproducen rápidamente y son resistentes a condiciones contaminadas. Aunque en algunas circunstancias pueden sustituirse por otras especies explotables, tal vez sean excluidas de esas profundidades modificadas algunas especies que anteriormente servían al hombre, tales como los mariscos, las langostas y los cangrejos. Como se ha dicho antes, si también hay contaminación microbiana, tal vez deba prohibirse la pesca, incluso en las zonas adyacentes donde sobrevivan los organismos, a fin de evitar el riesgo del regreso de los gérmenes patógenos a los seres humanos.

2.2 Características y efectos químicos

Es posible obtener algunas indicaciones importantes - aunque no una caracterización química completa - de un desecho, partiendo del conocimiento de las materias primas y del método de producción utilizado. No es necesario el análisis normal en escala completa para obtener la lista general de elementos o de compuestos químicos; por el contrario, el análisis debe responder a las necesidades que plantea cada clase de desechos. Con todo, se pueden ofrecer algunas directrices generales. Por ejemplo, normalmente será aplicable el análisis de sólidos totales, de partículas totales, de materia orgánica y de densidad relativa. El análisis de algunos oligometales, compuestos de plaguicidas y bifenilos policlorados ofrecerá una información útil sobre las sustancias persistentes. Es probable que estos elementos se hallen presentes en muchos desechos.

El agua de mar tiene una capacidad considerable para amortiguar los ácidos y los álcalis. Por ejemplo, el desecho de ácido y hierro procedente de la producción de dióxido de titanio mediante el método del ácido sulfúrico se neutraliza rápidamente al liberarse en el mar. Después de la neutralización, el sulfato de hierro original se oxida a férrico, ejerciendo así una demanda química de oxígeno, y se precipita como hidróxido férrico.

En condiciones de estancamiento, los desechos con demanda química de oxígeno (DQO) o con demanda bioquímica de oxígeno (DBO) elevadas, pueden conducir a la desoxigenación del agua o del sedimento (son ejemplos de estos casos los fangos de alcantarilla, los desechos de la fabricación de pulpa y los de la elaboración de alimentos). Esa descomposición de materia orgánica puede conducir a la liberación de grandes cantidades de nutrientes tales como fosfato y nitrógeno disponible, que, si no se dispersan adecuadamente, pueden ocasionar enriquecimiento local del agua y cambios en la composición de las especies. En tales circunstancias, puede ocurrir un gran desarrollo de algas, incluso los relacionados con las purgas de mar y, en definitiva, tras la muerte y la descomposición, producirse desoxigenación y hedores.

Algunas sustancias químicas, de las que probablemente las más conocidas sean los clorofenoles, pueden causar, aun en concentraciones muy bajas, la contaminación de peces y mariscos, lo que los hace inaceptables para el consumo humano. Por lo tanto, es importante evitar la eliminación de tales desechos en el mar.

Otras sustancias químicas (por ejemplo, el cianuro, el cloro libre y los compuestos de organofósforo) son agudamente tóxicos para la vida marina. En muchos casos, se vuelven inocuos en forma más o menos rápida mediante procesos químicos o biológicos. Los cianuros, que se hallan presentes en algunas sales de tratamiento térmico utilizadas para templar aceros, producen por hidrólisis ácido fórmico y amoníaco. El bario, que también puede estar presente en algunas mezclas de sal de tratamiento térmico, se precipita mediante el sulfato del agua de mar como sulfato de bario insoluble. El cloro se reduce a cloruro, que es uno de los componentes principales del agua de mar. Los compuestos de organofósforo sumamente tóxicos se hidrolizan en el agua de mar, con una semivida que fluctúa entre algunos días y varios meses. Sin embargo, el fósforo elemental coloidal se oxida sólo en forma muy lenta en el agua de mar y se conocen casos en que ha dañado los recursos marinos (Jangaard, 1972).

Muchos metales pesados se acumulan en los organismos marinos. Los riesgos especiales que plantean el mercurio y el cadmio para la salud humana se reconocen en los dos Convenios sobre vertimientos, en que se prohíbe totalmente su eliminación (excepto como oligocontaminantes). Las investigaciones han demostrado que en el medio acuático el mercurio se transforma en compuestos orgánicos de mercurio - por ejemplo, el metilmercurio - que son mucho más tóxicos que el mercurio inorgánico o metálico (Jernelöv, 1969).

Es posible verter desechos que contengan otros metales o elementos, como plomo, zinc, cobre y arsénico, pero ello requiere una atención especial. Es probable que no sea conveniente ninguna acumulación local de cualquiera de esos compuestos o elementos. El estado químico es importante: en su forma insoluble y en algunos casos también como compuestos, la toxicidad aguda del plomo, el zinc y el cobre es bastante reducida. En las zonas anóxicas del mar, donde hay ácido sulfhídrico, muchos metales pesados pueden eliminarse del agua de mar mediante la formación de sulfuros metálicos muy insolubles. Una excepción es el hierro, que como sulfuro ferroso es más soluble en el agua de mar que como hidróxido férrico, que es la forma normal en condiciones de oxigenación. En algunos casos, se puede evitar la precipitación de metales pesados como sulfuros mediante sustancias presentes en el agua de mar, capaces de formar compuestos metálicos solubles. Cabe hacer notar que, en condiciones de anoxia, se ha descubierto que el sulfuro de mercurio es más soluble en el agua de mar de lo que podría esperarse de su producto de solubilidad (OIEA, 1971).

Cabe señalar que determinados metales y sustancias orgánicas se absorben fácil y firmemente sobre o en las materias corpusculares, tales como la arcilla o los hidróxidos de metal. Existen algunas pruebas de que en esa forma son mucho menos accesibles para los organismos marinos, es decir, disminuye el riesgo de bioacumulación o de efectos tóxicos. Efectos análogos pueden crearse también mediante la

formación de compuestos orgánicos, pero ello dependería considerablemente de la estabilidad del compuesto. Cabe advertir que el estado de valencia de un elemento reviste importancia cuando se trata de predecir sus efectos en los organismos marinos; por ejemplo, el arsénico es menos tóxico en su forma pentavalente que en su forma trivalente, pero el cromo hexavalente es más tóxico que el cromo trivalente.

La incineración en el mar de hidrocarburos clorados da por resultado la formación de grandes cantidades de ácido clorhídrico gaseoso y vapor de agua. Estas sustancias se combinan y condensan para formar gotas pequeñas que caen habitualmente a una distancia relativamente corta del buque de incineración. El ácido es neutralizado rápidamente por el agua de mar.

2.3 Características físicas y efectos

Es necesario determinar si el desecho es líquido o sólido, o sólido en suspensión, y la densidad del desecho en su conjunto y de cualesquier sólidos que pueda contener, puesto que estas propiedades influirán sobre la dilución inicial y sobre la dispersión y sedimentación ulteriores. La velocidad de sedimentación recibirá la influencia de la forma, el tamaño y la densidad de las partículas, y la materia conglomerada se sedimentará más rápidamente que cada una de las partículas de la misma densidad. En condiciones de estratificación, puede suceder que la materia corpuscular quede retenida o que se elimine su dispersión vertical en una capa de gran densidad.

La materia corpuscular puede influir sobre el medio marino de distintas formas. Si se sedimenta en grandes cantidades en un sector limitado, la fauna y flora bentónicas sufrirán probablemente los efectos negativos. Si los sólidos fueran orgánicos, podrían establecerse condiciones anóxicas. Aunque en algunas zonas la carga de partículas naturales en suspensión es elevada, la adición de materia suspendida aumentará la turbidez y podrá causar cambio de coloración del agua con posibles efectos nocivos en la pesca y en las actividades recreativas. Algunas formas de desecho corpuscular pueden obstruir las agallas de los peces marinos, crustáceos y moluscos bivalvos. Si un desecho es prácticamente insoluble y de menor densidad que el agua, flotará y ello podrá afectar negativamente al transporte o a las actividades de esparcimiento.

2.4 Materias orgánicas

A pesar de que las sustancias orgánicas naturales disueltas se descomponen en condiciones favorables (Duursma, 1965), tienen un tiempo de residencia de varios miles de años en las aguas profundas del mar abierto (Williams, 1969). Esto significa que la introducción de compuestos orgánicos artificiales más estables en las profundidades oceánicas podría conducir a un tiempo de residencia incluso más prolongado. Las condiciones existentes cerca de las costas son más favorables para la descomposición puesto que, debido a la presencia de materias sólidas, de la presión más baja y de temperaturas por lo general más altas, la actividad

bacteriana es mucho más intensa; como resultado, se observa comúnmente una modificación rápida de materias orgánicas disueltas (Jannasch, 1969; Jannasch y otros, 1971). Cabe advertir que las tasas de tales procesos disminuyen considerablemente a temperaturas bajas, por ejemplo, en latitudes elevadas.

Esto no implica que las materias orgánicas disueltas deban verse de preferencia en las zonas costeras. Es claro que son importantes otros aspectos distintos de la degradación. En especial, algunos compuestos tóxicos son resistentes a la degradación. Para determinadas materias, tal vez sea preferible la eliminación en zonas situadas lejos de las costas a la dilución y degradación en las aguas cercanas a las costas. Para los desechos orgánicos artificiales habitualmente es más seguro descartar la degradación (que puede ser muy lenta), y basar la evaluación de los límites en la concentración resultante de la dispersión física.

2.5 Fangos de alcantarilla y productos del dragado

Según cifras correspondientes a los Estados Unidos y Europa, el grueso de materias vertidas en el mar está constituido por productos de dragado (alrededor del 80%) y fangos de alcantarilla (alrededor del 10%). Por ese motivo, se presta especial atención a esos desechos. Ambas clases pueden estar contaminadas con metales, bacterias y virus, hidrocarburos aromáticos polinucleares, hidrocarburos derivados del petróleo y compuestos órgano-halogenados.

Los productos del dragado consisten en un conglomerado heterogéneo de materias, con mucha frecuencia anóxicas, en una amplia gama de tamaños que varía desde las partículas de arcilla submicroscópicas hasta piedras de varios centímetros de diámetro, a menudo con una gran proporción de material orgánico. Los fangos de alcantarilla son una mezcla más uniforme de sustancias orgánicas e inorgánicas más finas.

Los principales problemas ecológicos que surgen de la eliminación de productos del dragado y fangos de alcantarilla son la gran demanda de oxígeno y la sedimentación en el fondo en capas de un espesor considerable. Ambos problemas pueden vincularse también con consecuencias para la salud humana. La descomposición del contenido orgánico de los productos del dragado o de los fangos de alcantarilla, especialmente de fango no digerido, puede desoxigenar tanto los sedimentos como las aguas que los cubren y conducir a la formación de ácido sulfhídrico, que es sumamente tóxico.

El peligro para la salud que plantean las bacterias patógenas en los fangos de alcantarilla puede disminuir mediante la digestión. Sólo la dilución podrá decrecer los peligros residuales de los virus. Para causar enfermedades en el hombre, los agentes patógenos deben ser ingeridos en determinadas dosis infecciosas mínimas. Por esas razones, el vertimiento de aguas servidas debe realizarse siempre con cuidado según las condiciones oceanográficas locales.

2.6 Desechos voluminosos y en contenedores

La colocación deliberada en el fondo marino de objetos voluminosos tales como automóviles y neumáticos viejos, ha sido propugnada por muchas partes interesadas y realizada a título experimental en algunos países. Los escollos artificiales así formados ofrecen habitualmente, según se dice, buenas superficies de asentamiento para una variedad de organismos y refugios para seres como langostas; al parecer atraen también a una variedad de especies de interés para la pesca deportiva. Los desechos municipales en balsas pueden proporcionar refugios análogos, pero las materias flotantes, por ejemplo, los materiales plásticos, deben ser embaladas a fin de que no regresen a la superficie, o ser tratadas previamente de alguna otra manera adecuada. En muchas zonas de la plataforma continental, la pesca de arrastre es tan intensa que se debe tener mucho cuidado para evitar entorpecer las actividades pesqueras.

Se requiere especial cuidado en relación con las zonas de actividad pesquera cuando se vierten desechos en contenedores. La reflotación de esos contenedores durante las operaciones de pesca podría ser peligrosa para la tripulación del buque pesquero, especialmente si hay probabilidades de que el contenedor esté gravemente debilitado por la corrosión. Según los términos del Convenio de Oslo, está prohibida la eliminación de desechos voluminosos y en contenedores salvo que esa eliminación se haga en aguas profundas.

Se considera necesario, en el vertimiento de desechos en contenedores en el mar, asegurar que la eliminación no afecte a cables submarinos de emplazamiento conocido, a fin de evitar que sufran deterioros por el impacto de un contenedor. En algunos casos, se utilizan contenedores para evitar la liberación de los desechos en las capas superiores o intermedias del océano. Ocasionalmente, los desechos se eliminan en contenedores sólo porque ofrecen un medio conveniente de transporte. Sin embargo, la mayoría de los desechos eliminados en contenedores son tóxicos para el hombre. De los ejemplos conocidos por los miembros del Grupo de Trabajo, la mayoría de los desechos vertidos en contenedores son sólidos y también tóxicos para los organismos marinos. Sin embargo, puesto que son sólidos en la mayoría de los casos, se disolverán sólo lentamente en las capas de aguas profundas y la zona probablemente afectada por los efectos tóxicos será relativamente pequeña. (Academia Nacional de Ciencias - Consejo Nacional de Investigaciones, 1962.) En determinados casos, los desechos vertidos en contenedores se mezclan con hormigón armado o se coloca el contenedor en una cápsula de hormigón; en ambos casos, la tasa de liberación de los desechos en el agua será probablemente mucho más reducida. Sin embargo, podrá correr peligro cualquier organismo marino que esté en la zona inmediata de un contenedor de desechos en el fondo de las profundidades oceánicas.

Las zonas de interés desde el punto de vista de la pesca comercial se extienden actualmente hasta un mínimo de 1.000 metros de profundidad en las regiones del talud continental. Por consiguiente, si esos desechos se han de eliminar en aguas profundas, deben vertirse considerablemente lejos de los taludes continentales. De un modo análogo, han de evitarse las regiones superiores de las crestas del mar profundo. Cabe advertir que aunque no se ofrece una definición en el Convenio de Londres, para los propósitos del Convenio de Oslo se entiende que las zonas de vertimiento en aguas profundas se sitúan por lo menos a 2.000 metros de profundidad y a 150 millas náuticas de tierra firme; además, se ha convenido en que no se harán vertimientos a menos de 20 millas náuticas de cualquier cable de emplazamiento conocido. Sin embargo, esos criterios por sí solos no son suficientes y se debe tener cuidado en evitar zonas ecológicamente sensibles.

3. METODO DE ELIMINACION

En el Convenio de Londres sobre la Prevención de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos y otras Materias, se define el vertimiento como una introducción intermitente de materiales de desecho en el mar, y a este respecto procede distinguir entre el vertimiento de:

- i) desechos encerrados en contenedores, o en forma de balas compactadas, y/o materiales de desecho voluminosos; y
- ii) desechos no contenerizados en carga a granel.

3.1 Desechos contenerizados

Los desechos de carácter heterogéneo pueden ser manejados mucho más fácilmente en forma contenerizada que en estado suelto, a granel. Los desechos sólidos de las ciudades pueden transformarse, mediante la compactación a presión elevada, en balas estables adecuadas para el transporte.

Las condiciones principales de los contenedores y las balas es que cumplan los requisitos establecidos en los reglamentos de transporte correspondientes y retengan su contenido durante el descenso hasta el fondo del mar, o hasta una profundidad intermedia predeterminada. Cuando la situación requiera que los desechos permanezcan encerrados durante un período prolongado, los contenedores no deberán romperse debido al aumento de la presión. Su densidad total deberá ser superior a 1,2 gr. por cm³.

Según la forma, el tamaño, la integridad y el peso de los contenedores de desechos y el carácter del fondo marino en que se dejen caer, los contenedores pueden comportarse de varias formas distintas, a saber:

- i) hundirse intactos en el lógamo del fondo sin desintegrarse;
- ii) hundirse en el lógamo del fondo y desintegrarse;
- iii) permanecer intactos y sellados indefinidamente en el fondo sin que se produzca una penetración significativa;
- iv) romperse al chocar contra el fondo, accidentalmente o en forma deliberada merced a un dispositivo a tal efecto, derramando su contenido en el fondo marino y en el agua suprayacente;
- v) implosionar debido a la elevada presión, o desintegrarse gradualmente en el fondo, descargando su contenido en los alrededores.

Si el contenedor y su contenido se hunden en el lógamo del fondo sin desintegrarse, quedarán permanentemente enterrados en los sedimentos del fondo. Siempre que el fondo no sea perturbado posteriormente por actividades de minería o de dragado profundo, sus efectos en las aguas y sedimentos del fondo serán mínimos.

La desintegración tras la penetración de los sedimentos llevaría a la contaminación local de los sedimentos. Si el contenedor explota o implosiona, por efecto de la presión, golpe o explosivo, su contenido se descargará súbitamente en el agua y en los sedimentos.

3.2 Desechos en carga a granel: técnica de descarga

En este caso, los desechos a granel se descargan a granel desde gabarras. Habitualmente, se utilizan dos tipos de gabarras, a saber: autopropulsadas o remolcadas, que descargan su contenido por bombeo o por gravitación. En las operaciones de dragado pequeñas puede utilizarse la eliminación en el fondo (vertimiento en el fondo), en tanto que para los residuos cloacales y para los cienos y líquidos industriales se utilizan gabarras cisterna automáticas.

El tamaño de las gabarras varía de 300 a 8.000 toneladas, y la descarga se efectúa habitualmente a cinco metros bajo la superficie mediante tubos que pueden tener diámetros de 10 a 60 cm. Usualmente la descarga se realiza a velocidades de 6 a 10 nudos, y a una tasa de descarga de 4 a 250 toneladas por minuto. Los cienos cloacales habitualmente se descargan desde una gabarra de compuertas a un ritmo de 100 a 200 toneladas por minuto, utilizando la gravedad sola o en combinación con baja presión de aire (EPA, 1971).

La incineración en el mar de materiales de desecho combustibles puede dar origen a la formación de grandes cantidades de gases. En la mayoría de los casos, éstos volverán al mar con las precipitaciones. Puede esperarse que el subsiguiente esparcimiento de los restos, principalmente en la capa superficial, se produzca con bastante rapidez en la mayoría de los casos.

3.3 Desechos en carga a granel: dispersión

La técnica de descarga influye considerablemente en la dilución inicial y, consiguientemente, en la dispersión física a largo plazo en el medio marino.

La dispersión física se define como la acción combinada a) de la mezcla en el momento de la descarga seguida de la mezcla turbulenta en el mar, y b) del transporte por las corrientes. Para que la dispersión sea efectiva se requieren buenas condiciones de mezcla y una elevada tasa de intercambio entre la zona del vertimiento y el mar circundante, de forma que los desechos se diluyan en un gran volumen de agua. Los efectos de los desechos en el medio marino pueden controlarse principalmente mediante la dispersión física. Ahora bien, como se indicó anteriormente, hay varios otros procesos que actúan en el mismo sentido y que contribuyen a reducir los efectos.

En la fase de dispersión se distinguen dos etapas, a saber: la etapa inicial, que corresponde a la dilución inicial, y la dispersión subsiguiente.

- i) La mezcla producida en el momento de la descarga dependerá de las características de los desechos y de la técnica de descarga. A este respecto, las características físicas de los desechos que importan son la densidad

de distribución, el contenido de sólidos y la distribución de su tamaño. La dilución inicial está controlada principalmente por el ritmo de descarga y por la velocidad de la embarcación durante la misma.

En las zonas en que hay cierto grado de estratificación de densidades, el material de desecho puede dispersarse de forma que se mantenga temporalmente en la capa superficial descargándolo en la estela del buque en marcha. Con una dilución inicial del orden de 1:1.000 de los desechos poco después de la descarga, se reducirá la densidad de la mezcla a un nivel aceptable en la mayoría de las condiciones marinas de estratificación. Esta dilución habitualmente se produce aproximadamente a 500 metros a popa del buque, en su estela, a velocidades de 6 a 8 nudos (Abraham et al, 1972). Si la columna de agua es homogénea, el agua contaminada se hundirá o permanecerá en la superficie según que la densidad de los desechos sea superior, inferior o igual a la del agua del mar. Los desechos con una densidad media superior a la del agua del mar, vertidos desde una embarcación casi estacionaria, o vertidos en grandes cantidades en un período breve (del orden de una hora), se hundirán debido a su superior densidad e impulso iniciales. Pueden definirse dos fases de la dispersión inicial como sigue (EPA, 1971):

- a) descenso convectivo: debido a la superior densidad e impulso iniciales;
- b) colapso en una capa pícnoclina en la que puede quedar atrapada la nube de desechos descendente.

En este caso la dilución inicial parece ser del orden de 1:100 a 1:500, pero esto se basa en un número relativamente pequeño de observaciones (Crickmore, 1972, Kullenberg, 1974). Se han construido modelos para predecir la profundidad de penetración (esto es, profundidad máxima) de los desechos y la distribución vertical de la concentración en la columna de agua contaminada, pero adolecen de muchos supuestos y aproximaciones simplificadores (EPA, 1971).

- ii) La dispersión ambiental subsiguiente se debe a la mezcla turbulenta y al transporte por las corrientes en el agua. La tasa de dispersión puede ser muy baja, y dependerá principalmente de varios factores ambientales físicos que se examinarán en la sección 5, al hablar de la elección del lugar de la eliminación. Sin embargo, en la dispersión puede influir considerablemente la distribución inicial de la concentración de los desechos inmediatamente después de terminar el vertimiento. Esto dependerá del método de descarga, de las características de los desechos y de la estratificación de densidades en la zona de descarga. El esparcimiento de los desechos a lo largo de una gran distancia vertical facilitará una rápida dispersión prácticamente en todos los casos. La acumulación de desechos en las interfaces de densidades reducirá siempre la tasa de la dispersión subsiguiente. Tal acumulación puede producirse por el

atrapamiento de la nube descendente de desechos en la capa pycnoclina o por el bloqueo del material de desecho flotante en la superficie. Waldichuk (1964) ha demostrado el atrapamiento del efluente de un molino para pasta kraft descargado mediante un despersador submarino.

Cabe concluir que en todos los casos en que se requiere una dilución rápida, la descarga debe efectuarse en la estela de un buque en marcha. En general, debe asegurarse una dilución inicial lo más elevada posible; en condiciones normales, los valores razonables que pueden lograrse oscilan entre 1:200 y 1:2.000 (Weichart, 1972; Crickmore, 1972; Abraham et al, 1972; EPA, 1971).

Dado que pueden ajustarse, al menos en cierta medida, tanto la técnica de descarga como las características de los desechos, habitualmente puede lograrse una dilución inicial que cumpla los requisitos necesarios para producir un efecto mínimo en el medio ambiente. En general, debe evitarse el atrapamiento o colapso en capas pycnoclinas.

La frecuencia de vertimiento debe ajustarse según la capacidad y las características de dispersión de la zona de descarga. En las zonas de mezcla y transporte rápidos, la frecuencia de la descarga puede ser superior que en las zonas con una dispersión menos vigorosa. Debe evitarse una acumulación de materiales de desecho en la columna de agua. Como norma general útil, los lugares de vertimiento y la frecuencia del mismo deben ajustarse de forma que no se superpongan distintas nubes de desechos. Esto puede resultar relativamente fácil en el mar abierto, pero puede ser imposible en un estuario. Puede efectuarse una evaluación preliminar sobre la base de las características de las corrientes de la zona, tales como las corrientes de marea, las corrientes impulsadas por el viento, y las corrientes residuales.

4. OTROS USOS

Aparte el vertimiento de desechos, los usos a que puede destinarse el medio marino son múltiples; entre ellos figuran la pesca, el transporte, el esparcimiento (incluida la pesca deportiva), la minería (en particular la extracción de productos químicos) y la acuicultura. Además, las aguas del mar se usan como aguas residuales, y el fondo marino se utiliza para el tendido de cables. Muchos de estos usos pueden resultar afectados de forma adversa por la contaminación marina, pero a los efectos del presente informe, sólo se tienen en cuenta las relaciones entre los otros usos y el vertimiento de desechos.

Pesca: La pesca es una de las principales actividades del hombre en el medio marino. Las capturas mundiales (incluidos todos los organismos marinos) fueron superiores a 65×10^6 toneladas métricas en 1973 (FAO, 1974). Se ha calculado que el rendimiento máximo sostenible de las pesquerías mundiales puede ser aproximadamente dos veces esa cifra.

Transportes: El transporte marítimo es otro de los principales usos del mar, y está aumentando continuamente. Las operaciones de vertimiento en el mar pueden obstaculizar el transporte marítimo, bien directamente entorpeciendo la navegación o bien por efectos tales como el bloqueo de los sistemas de enfriamiento o el entramamiento de las hélices.

Esparcimiento: El esparcimiento al aire libre aumenta constantemente y el recreo en la costa del mar figura como una de sus formas más importantes, tanto económica como socialmente; en consecuencia, es importante evitar que lleguen a la costa materiales estéticamente indeseables tales como grasas, plásticos y otras materias orgánicas de lenta degradación.

Minería: La minería oceánica en el fondo del mar y la extracción de productos químicos de las aguas del mar pueden verse afectadas por impurezas u obstrucciones físicas introducidas en el medio marino por el vertimiento de desechos.

Acuicultura: La práctica de la acuicultura en agua marina y dulce aporta actualmente un total de cinco a seis millones de toneladas métricas al suministro mundial de alimentos, del cual el 85% es producido en Asia y en la región del Lejano Oriente (Rabanal, 1974). El potencial en esta esfera es grande, pero los factores económicos limitan actualmente la práctica de la acuicultura a peces de alta calidad, invertebrados y algas marinas.

Cables y tuberías submarinos: Los cables y las tuberías submarinos pueden resultar afectados tanto química como físicamente por el vertimiento de desechos en el océano. Aparte de este posible efecto directo del vertimiento de desechos en los cables y tuberías submarinos, los desplazamientos submarinos causados por el vertimiento pueden ser una amenaza potencial para ellos.

Investigación científica: Las actividades de vertimiento de desechos pueden obstaculizar o perturbar la exploración geofísica, las mediciones meteorológicas-oceanográficas, por medio de boyas amarradas, por ejemplo, o incluso los estudios sobre las variaciones en las poblaciones de peces debidas a causas naturales.

5. SELECCION DE LUGARES

La selección de lugares para el vertimiento de desechos se debe realizar de manera que se minimice su influencia en los usos actuales y otras utilizaciones posibles del mar.

5.1 Características biológicas

Siempre se debe realizar una evaluación de las características biológicas de cualquier posible zona de vertimiento de desechos. Evidentemente, en la selección de los lugares de descarga se deben evitar las zonas de elevada productividad biológica, los lugares de intensa actividad pesquera, las zonas de cría y las rutas de migración de importantes recursos pesqueros. Algunas de estas actividades, como la cría y la migración, pueden ser estacionales, de manera que el vertimiento de desechos en otras épocas del año puede resultar aceptable, siempre que no se produzca una sustancial movilización de materias tóxicas después de la descarga. El vertimiento de desechos en zonas de actividad pesquera puede no sólo afectar los recursos biológicos del mar sino también dificultar las tareas de los barcos de pesca, y algunos tipos de desechos pueden dañar o entorpecer las redes o los aparejos de pesca. El medio marino y sus recursos biológicos son sensibles a los cambios naturales, y es preciso protegerlos cuidadosamente de cambios artificiales.

La producción de alimentos es uno de los principales usos del mar. Muchas zonas ya están sometidas a una explotación excesiva, mientras que otras están prácticamente intactas (FAO, 1972). En la actualidad, la pesca se desarrolla principalmente en las zonas costeras y los taludes continentales, donde la descarga de contaminantes procedentes de todas las fuentes tiene más probabilidades de ser mayor. En los últimos años, la pesca de nuevas especies se ha extendido a zonas de los taludes continentales mucho más profundas que las explotadas anteriormente. También se debe señalar que se realiza pesca pelágica en considerable escala en algunas zonas del océano abierto, por ejemplo, las zonas ecuatoriales.

En relación con la eliminación de desechos en el mar, se debe señalar que el medio físico de las zonas de gran productividad de los océanos a menudo se caracteriza por fenómenos tales como giros ciclónicos, ascensión de aguas, corrientes limítrofes laterales, frentes oceánicos, etc., es decir, se trata en todos los casos de zonas de divergencia. Estas condiciones facilitan en mayor o menor grado la existencia de considerables suministros de nutrientes, la producción primaria de alimentos y la concentración de zooplancton, factores de los cuales dependen las poblaciones de peces y otras formas de vida marina.

En cambio, la circulación oceánica da lugar a convergencias tales como el mar de los Sargazos, las convergencias ecuatoriales y las convergencias costeras. Aunque en esas zonas la productividad suele ser baja, los desechos pueden acumularse allí, en especial si son resistentes a la degradación.

Las tensiones naturales a que están sometidos los organismos varían en magnitud y frecuencia. Por ejemplo, las variaciones estacionales de temperatura son extremas en las altitudes altas en comparación con los trópicos. También puede darse un alto grado de variabilidad en los frentes oceánicos. En las profundidades del océano abierto reinan siempre el frío y la oscuridad, mientras que la salinidad, la luz y la temperatura pueden cambiar rápidamente en los estuarios, según las mareas, los días o las estaciones. Los organismos que viven en medios sometidos a fuertes tensiones han evolucionado de manera de poder soportar esos cambios, pero pueden no estar en condiciones de soportar tensiones artificiales. Del mismo modo, la contaminación puede influir en su capacidad para adaptarse a los cambios naturales.

Debe prestarse especial atención a las migraciones animales. Las especies migratorias se sirven de su agudo sentido de la orientación para retornar a sus regiones de origen. Cualquier alteración de las características naturales de esas aguas por la introducción de sustancias extrañas puede perturbar los procesos de detección de los peces. Las sustancias vertidas podrían desvirtuar las características naturales del agua del mar o de las corrientes afluentes. Ello podría confundir a los peces migratorios, quizás hasta el punto de hacerlos perderse y no desovar o de impedirles hallar alimentos.

Los procesos de desove, de cría y de alimentación de los organismos marinos están estrechamente relacionados con los mencionados aspectos. También se deben tener en cuenta las especies que se encuentran en situación crítica, los procesos de transporte biológico vertical y horizontal, la bioacumulación, la biotransformación y la contaminación.

Al planificar las operaciones de vertimiento de desechos, se deben observar ciertas precauciones generales conformes con las características de los materiales de desecho. Si los desechos contienen sustancias tóxicas, se debe asegurar, mediante la dilución en el momento de la descarga y la subsiguiente mezcla de los desechos con el agua del mar, que no se produzcan concentraciones que puedan dañar la biota marina. Para las sustancias que se asientan en el fondo marino, se deben elegir zonas de escasa o ninguna productividad bentónica; si esto no es posible, se debe computar el sacrificio parcial de la población bentónica como parte del "costo" de la eliminación de desechos.

5.2 Características de los sedimentos

Los sedimentos del fondo del mar en las principales cuencas oceánicas tienen una capacidad potencial de absorción para todo tipo de metales y sustancias orgánicas. Sin embargo, puede ocurrir que las materias originadas del vertimiento de desechos se dispersen en la columna de agua y no sean absorbidas hasta la interfaz agua/fondo marino. En condiciones de gran turbidez se produce un efecto de atrapamiento de las sustancias en solución por los materiales sólidos.

Quando los materiales llegan al fondo marino, una gran afinidad de los desechos con los sedimentos conduce a una elevada absorción total por dicho fondo. Sin embargo, esta absorción se verifica primordialmente en una delgada capa superficial del sedimento, y es lenta la penetración más profunda en el fondo marino. Por lo tanto, si se produce una resuspensión o si hay erosión, el material puede ser reciclado al agua y a la epiflora y epifauna bentónicas. De este modo, el fondo marino no siempre será el sumidero final de los desechos vertidos.

En principio, los desechos sumergidos en el fondo del mar quedarían eliminados del sistema acuático. La migración a las aguas suprayacentes es muy lenta cuando los desechos están enterrados bajo varios centímetros de sedimentos. Sin embargo, técnicamente resulta difícil enterrar los desechos en el fondo marino.

Por lo que se refiere a los desechos líquidos o disueltos, a menos que los sedimentos sean agitados será escaso el material que quede ligado en el fondo marino. En un lugar de vertimiento, la mayor parte de las sustancias disueltas se dispersarán dentro del sistema acuático en tan alto grado que la absorción por el fondo marino será extremadamente limitada. Sin embargo, si se repiten las descargas, especialmente de materiales que no sean rápidamente degradables, la zona acumulará cada vez más material en los sedimentos. Esto ocurrirá especialmente con ciertos metales pesados con los que ocurre un fenómeno de inmovilización a través de su absorción dentro de los retículos cristalinos de las partículas sedimentarias (Ros-Vicent et al., en prensa).

5.3 Características de la dispersión

Se deben estudiar tanto la mezcla por turbulencia en la zona como la tasa de intercambio con el mar circundante a fin de determinar las características de dispersión de un posible lugar de vertimiento de desechos. Al estudiar las características físicas de dispersión de una zona, se deben tener en cuenta las siguientes generalizaciones.

A. Tasa de mezcla

La mezcla por turbulencia en el mar está determinada por factores físicos como el viento, las olas, el espesor de la capa mezclada, la estratificación por densidad y las corrientes, incluso sus variaciones temporales y espaciales (Okubo, 1971; Weidemann y Sendner, 1972). En muchas zonas de aguas poco profundas, las corrientes de marea son los principales agentes de mezcla. En condiciones de estratificación estable la mezcla se reduce, en especial en las capas piconclinas. En ellas, la tasa de dilución es baja y varía mucho con el tiempo, es decir, la mezcla es intermitente. Respecto de contaminantes que no influyen en el flujo, se ha observado en zonas encerradas tasas de dilución inferiores a 1:10 en 24 horas (Kullenberg, 1972a). Asimismo, es probable que el proceso de mezcla también sea lento en zonas de alta mar muy estratificadas. En esas condiciones, el material en partículas se asienta por efecto de la gravedad, aunque las partículas de flotabilidad casi neutral pueden permanecer en suspensión. La velocidad de asentamiento de las partículas de desechos variará, aunque parece que una milla por hora es una velocidad representativa para el estado flocoso (Crickmore, 1972). En las capas piconclinas pueden quedar retenidas las partículas de flotabilidad casi neutral.

En la capa mezclada por acción del viento, la tasa de dilución es mucho mayor; en condiciones de viento suave, se puede prever una dilución que dé entre 1:10 y 1:50 en un período de 1 a 5 horas. En condiciones de viento fuerte, la tasa de dilución aumenta con el cuadrado de la velocidad del viento, aproximadamente (Bowden *et al.*, 1974; Kullenberg, 1971).

Es frecuente que en las proximidades del fondo marino haya una capa de contacto turbulenta cuyo espesor dependerá de la rugosidad del fondo y la velocidad de la corriente. Con frecuencia, del tipo de sedimentos de la interfaz se pueden obtener indicaciones de las condiciones de transporte sobre el fondo marino. La presencia de material de grano fino suele indicar un transporte débil y un medio favorable para la sedimentación, mientras que la presencia de partículas gruesas es indicativa de resuspensión y de erosión. Sin embargo, estos conceptos se deben aplicar con prudencia, y hay que tener en cuenta que las condiciones suelen variar con las estaciones.

En los estuarios y las desembocaduras de los ríos, la corriente de compensación transporta el material sobre el fondo hacia el litoral. Esto también puede producirse en aguas poco profundas en las que existen diferencias horizontales de densidad, remolinos o afloramiento costero producido por el viento. En muchas zonas, las corrientes oscilantes (producidas por las mareas) causarán resuspensión y fraccionamiento debido a las diferencias en la sedimentación. Esto supone que la parte finamente granulada de los desechos, que puede servir de medio de transporte de organismos patógenos y otros contaminantes, puede ser transportada de manera selectiva a la zona costera.

La información de que se dispone acerca de las corrientes próximas al fondo en aguas profundas sugiere que no se producirá la resuspensión, excepto en ciertas zonas, localizadas sobre todo en los límites de los bordes continentales y relacionadas, en parte, con accidentes topográficos como los declives, cañones y dorsales.

B. Mecanismos de mezcla

En la capa mezclada por acción del viento, es bastante rápida la mezcla vertical hasta la interfaz primaria. Por lo tanto, el espesor de la capa mezclada por acción del viento es un indicador de importancia para determinar las características de la mezcla. Un importante mecanismo de dispersión para escalas de 1 a 10 km es el efecto vertical de cizallamiento, es decir, el efecto combinado de la mezcla vertical y el cizallamiento vertical por acción de la corriente como causa de dispersión horizontal. Para un volumen contaminado inicialmente espeso, el alargamiento debido al cizallamiento vertical es también importante. A este respecto, los componentes cronológicos y, en especial, los componentes oscilatorios de la corriente son importantes para determinar la dispersión.

En la capa superficial, la mezcla vertical depende del viento, el cizallamiento y la estratificación. En las capas estratificadas internas, la mezcla vertical se reduce y es inversamente proporcional a la estratificación. Los elementos determinantes del movimiento interno en el mar son las olas internas, que sólo provocan mezcla cuando rompen.

A mayores escalas, superiores a 10 km o varios días, las variaciones horizontales en gran escala de las corrientes serán el factor determinante de la mezcla.

C. Tasa de intercambio

Al examinar las características de dispersión de una zona, es necesario tener en cuenta la tasa de intercambio con la zona de alta mar circundante. Un indicador útil para establecer la tasa de intercambio es el tiempo de permanencia de un determinado elemento, que se puede calcular mediante un trazador natural. Esto es aplicable, en especial, a zonas encerradas o semiencerradas tales como fiordos, mares marginales y mares interiores. El tiempo de permanencia dará una medida de la acumulación de material persistente en la zona.

Desde el punto de vista de la dispersión, se pueden definir las tres categorías de zonas que siguen:

i) Zonas de gran turbulencia.

Las zonas de mareas se suelen caracterizar por una gran turbulencia y ofrecen muchas posibilidades para la dispersión natural. No obstante, será preciso evitar conflictos con los intereses locales, especialmente de tipo estético y de recreo, y predecir dónde podría depositarse en último término el material de desecho en partículas.

ii) Cuencas cerradas

Las cuencas cerradas (por ejemplo, el Mar Báltico o el Mar Negro) se aproximarán periódicamente a las condiciones anóxicas y estarán sujetas a renovación periódica. Tales zonas podrían a veces considerarse para la eliminación de desechos inertes y quizás también de los biodegradables.

Sin embargo, deberán evitarse las sustancias persistentes y potencialmente bioacumulables, ya que, en último término, podrían volver a las aguas superficiales productivas. Debe hacerse observar que, como en los demás casos, habrá que tener en cuenta consideraciones locales.

iii) Otras zonas de turbulencia mínima o condiciones "reposadas"

Estas zonas se caracterizan por una capacidad claramente limitada para recibir desechos, ya que el transporte fuera de ellas y la renovación de los suministros de oxígeno, etc., son limitados. La consideración más importante en lo que se refiere a la eliminación de desechos en tales zonas es, por consiguiente, la de cómo lograr la máxima dilución inicial posible. La escala de la operación también habrá de ser objeto de control. En general, cuanto más inerte sea una sustancia tanto mayor será la escala de descarga aceptable, pero, a este efecto, deben tenerse en cuenta los recursos marinos existentes o potenciales.

D. Métodos de predicción

La elaboración de métodos para predecir la dispersión de diferentes tipos de desechos tras una operación de vertimiento tiene gran interés, pero adolece de varias limitaciones. No obstante, se han utilizado modelos sencillos con resultados satisfactorios para predecir la dispersión de desechos radiactivos. Se ha intentado elaborar modelos tanto de la dispersión inicial como de la subsiguiente (Oficina Europea de Productividad, 1971; Koh y Chang, 1973). Sin embargo, los resultados se deben aceptar con gran prudencia, ya que se parte de hipótesis muy limitativas, como la de considerar los contaminantes como pasivos. En la actualidad, la falta de información pertinente basada en la observación es el obstáculo más grave que se opone al desarrollo de modelos de predicción.

6. OBSERVACIONES EN EL LUGAR

Una vez hecha una elección preliminar del lugar para la eliminación sobre la base del conocimiento existente de las condiciones en la región, debe hacerse una serie de observaciones de las características físicas, químicas y biológicas. Lo ideal es que éstas se prolonguen a lo largo de un lapso de por lo menos un año a fin de tener en cuenta las variaciones que ocurrirán con los cambios estacionales. Debe advertirse que se producen variaciones a largo plazo como resultado de causas puramente naturales y que en la actualidad a menudo es difícilísimo distinguir las de los cambios provocados artificialmente.

Las observaciones de la turbidez y las características químicas y biológicas deben continuar después de comenzado el vertimiento de desechos para asegurar que no ocurran cambios perjudiciales. Todas las observaciones deben realizarse en el lugar seleccionado y en torno a él, y debe reconocerse que puede ser preciso elegir un nuevo lugar a la luz de las observaciones anteriores o incluso posteriores a la descarga.

6.1 Observaciones biológicas

Antes de la aprobación del lugar para la eliminación, generalmente es esencial efectuar observaciones biológicas para caracterizar el lugar. Si se prevé la realización de descargas repetidas en el mismo lugar, estas observaciones deben hacerse en todas las estaciones del año y repetirse más frecuentemente en momentos críticos del año, tanto para vigilar los efectos biológicos como para explicar las variaciones de año a año. Para una sola descarga, que no se espera repetir, será aceptable una sola evaluación anterior al vertimiento, pero es conveniente realizar observaciones después de él para evaluar las consecuencias y formar la base para las decisiones futuras respecto de operaciones análogas.

Entre las observaciones que conviene realizar, cabría incluir las siguientes:

- i) Recursos pesqueros. Es probable que ya se disponga de datos sobre esta materia en los organismos o ministerios competentes para la mayoría de las regiones costeras.
- ii) Productividad primaria (vegetal) en relación con la intensidad de la luz y los nutrientes. Esto es de especial importancia si entre los desperdicios se incluye materia orgánica susceptible de descomposición, y si su descomposición liberará sustancias nutritivas que estimulen el crecimiento de las plantas, a veces con efectos indeseables tales como la modificación de la composición por especies.
- iii) Turbidez natural del agua, y los cambios en la turbidez que pueda producir la eliminación de desechos. La turbidez influye sobre la cantidad de luz que llega a diversas profundidades en el mar, y cabe esperar que un aumento persistente reduzca la productividad vegetal. Sin embargo, si se logra la rápida dispersión (o hundimiento) de los desperdicios, y si la circulación en la zona es tal que el aumento de turbidez es transitorio, pueden preverse pocas consecuencias de un residuo no tóxico sobre la productividad. El fitoplancton se reproduce a una velocidad tan alta que es probable que la recuperación de una disminución en la fotosíntesis sea rápida.
- iv) Las poblaciones de zooplancton y sus migraciones diurnas verticales. Estos organismos pueden transportar elementos de un nivel de la columna a otro, a otro por absorción, alimentación y excreción.
- v) El contenido de oxígeno del agua y su variabilidad natural. Esto ayudará a determinar si un residuo con demanda de oxígeno reducirá o no el contenido de oxígeno a niveles que serán perjudiciales para los organismos marinos.
- vi) Las estructuras de las poblaciones bentónicas normales, sean o no de importancia comercial. Esto es especialmente importante en todos los casos en que los desechos puedan llegar al fondo del lugar de la descarga o acumularse en él. Puesto que los animales bentónicos permanecen en una ubicación fija (en contraste con los peces y el plancton), reflejan el efecto integrado de la exposición crónica al contaminante y pueden suministrar una advertencia de los posibles daños antes de que éstos ocurran.

- vii) Los índices microbiológicos respecto de la calidad del agua para la protección de la salud humana.

6.2 Observaciones químicas

El esquema de las observaciones químicas, contrariamente al de las de carácter biológico o físico, puede adaptarse a las características químicas de los desechos. Por ejemplo, si los residuos que se han de verter no contienen sustancias nutritivas, no tiene mayor objeto realizar un estudio exhaustivo de los niveles de nutrientes en la zona seleccionada para la descarga.

Es difícil hacer una lista completa de las sustancias que deben medirse en la región, pero según la composición de los desechos, las siguientes sustancias pueden merecer atención: residuos de plaguicidas orgánicos clorados, BPC, hidrocarburos del petróleo y metales como el mercurio, y el cadmio. Todas estas sustancias están prohibidas en virtud de los términos del anexo I de los Convenios sobre vertimiento, pero se sabe que están presentes en desechos tales como el fango cloacal y los residuos del dragado y pueden encontrarse en una variedad de desperdicios industriales. El grupo de trabajo advirtió que se permite la presencia de trazas de esas sustancias independientemente del volumen de los desechos, y esto hizo pensar a los miembros del grupo de trabajo que una prohibición como la que prescriben actualmente los Convenios sobre vertimiento era quizás discutible. Esta cuestión destaca la necesidad de reevaluar continuamente los anexos de los Convenios sobre vertimiento y sus definiciones.

Varios otros elementos, por ejemplo, el zinc, el cobre, el plomo y el arsénico, también pueden acumularse y deben medirse. Es probable que las más altas concentraciones de la mayoría de las sustancias enumeradas supra se encuentren en sedimentos y animales bentónicos. En general, no será conveniente que el contenido orgánico de los sedimentos aumente indebidamente; como indicación de esto, debe medirse la pérdida por ignición o preferiblemente el contenido total de carbono orgánico. Si los desechos contienen cantidades importantes de nutrientes, tales como fosfatos, nitratos, nitritos o amoníaco, éstas deben medirse en la columna de agua.

Quizás merezca señalarse que las sustancias consideradas perjudiciales en el medio ambiente del agua dulce pueden serlo menos en el medio ambiente marino (por ejemplo, el cianuro, debido a la formación de complejos con iones metálicos, y el amoníaco, debido al efecto amortiguador del agua de mar) o incluso pueden ser prácticamente inofensivas (por ejemplo, los cloruros, los sulfatos o el bario: los dos primeros se presentan naturalmente en altas concentraciones en el agua de mar y el último se precipitará como sulfato de bario). A reserva de esas excepciones bastante obvias, en general debe preverse la presencia en la zona de vertimiento de toda sustancia que se sabe se halla en elevadas concentraciones en los desechos, y deben hacerse las mediciones del caso.

6.3 Observaciones físicas

Desde el punto de vista de la dispersión, deben observarse las condiciones físicas en el lugar del vertimiento y debe hacerse una evaluación general de las tasas de intercambio entre las aguas de la zona de descarga, las zonas vecinas y el océano abierto.

Cabe esperar que las observaciones de las condiciones físicas incluyan las siguientes:

- i) Características de los vientos y de las olas;
- ii) Distribuciones verticales de la densidad en diferentes condiciones meteorológicas incluso la profundidad de la capa termoclina sobre una base estacional, y la temperatura del agua y sus variaciones estacionales;
- iii) Las condiciones de las corrientes, incluso la distribución vertical de las corrientes, la escala de velocidades y las direcciones, la dependencia cronológica, las oscilaciones y las corrientes residuales;
- iv) Las condiciones y características geológicas del fondo, tales como el carácter del sedimento y las características topográficas (por ejemplo, fondo plano, fosas, dorsales).

Entre los instrumentos útiles para esas observaciones se incluyen los experimentos de difusión de colorantes, el uso de rastreadores radioactivos, instrumentos para la medición de las olas y muestras tomadas al azar y testigos de los sedimentos.

7. TEMAS QUE REQUIEREN MAS INVESTIGACIONES

Durante la preparación de su informe, el grupo de trabajo identificó varias esferas en que se carece de información básica o sólo se dispone de datos imprecisos. En particular, consideró que la capacidad de predicción en un campo relativamente desconocido es insuficiente. Se estima que las siguientes esferas de investigación serían las más provechosas en el sentido de suministrar información pertinente para la selección de lugares para el vertimiento de desechos.

7.1 Aspectos biológicos y químicos

Las técnicas básicas de bioevaluación aguda están razonablemente bien establecidas. Debe prestarse más atención a la selección y el cultivo de los organismos de ensayo más adecuados para un conjunto determinado de condiciones locales. Para ésto debe tenerse en cuenta la posible acumulación en la cadena alimenticia y la etapa de vida más adecuada.

A fin de poder comprender mejor los factores pertinentes y los efectos cronológicos, se requieren ensayos a largo plazo (una o más generaciones) para evaluar los posibles efectos subletales o crónicos.

Se reconoce que las combinaciones de dos o más residuos pueden ser más, o menos, tóxicas que cada residuo separadamente. En la actualidad, hay poca información sobre cómo pueden predecirse los efectos de esas combinaciones en las condiciones que se encuentran en el medio marino.

Se requiere información mucho más detallada sobre la forma de actuar de determinados productos químicos, especialmente en relación con la absorción y la disponibilidad desde el punto de vista de la acción tóxica. En este contexto, también se requiere información sobre las diversas formas de una sustancia química que pueden estar presentes en el mar, por ejemplo, el estado de valencia de las especies iónicas, los complejos metalorgánicos, los metales absorbidos o los compuestos orgánicos.

Análogamente, y en especial en relación con las consecuencias para la salud humana, se requieren estudios sobre la forma y toxicidad del compuesto una vez que lo ha acumulado un organismo marino, por ejemplo, las formas de mercurio, cadmio y arsénico en los organismos marinos y la manera en que éstos pueden modificarse. A este respecto, hacen falta estudios para obtener información más detallada sobre los mecanismos de bioacumulación dentro de un solo organismo y las transferencias en una cadena alimenticia.

Muchos compuestos inorgánicos y orgánicos llegan a los sedimentos. La velocidad de ese transporte, los tiempos de permanencia de las sustancias en los sedimentos y su subsiguiente movilización no se comprenden bien en general. Para la descarga en regiones profundas del océano, se requieren investigaciones tendientes a mejorar y modificar las metodologías y las técnicas de medición.

La persistencia de las sustancias químicas orgánicas, especialmente los hidrocarburos del petróleo y clorados es motivo de preocupación. Deben determinarse las velocidades de descomposición en diversas condiciones ambientales, como de clima tropical, templado y ártico. Se requiere información sobre la dependencia de las bacterias marinas de concentraciones mínimas del substrato orgánico y nutrientes inorgánicos. La medida en que la actividad microbiana ocurre en las condiciones de presión y temperatura de las zonas de gran profundidad y de profundidad mediana del mar también debe ser objeto de investigación detallada.

A fin de poder evaluar el efecto de un residuo en el medio marino se requiere alguna estimación de los niveles existentes de los constituyentes de los desechos y fuentes. Las descargas de los ríos o tuberías pueden determinarse con bastante facilidad, pero la influencia del transporte aéreo, incluso los efectos sobre la descomposición y producción de contaminantes, no se conocen para la mayoría de las sustancias, aunque se reconoce ahora generalmente que es de gran importancia.

Se sabe que varios microorganismos enteropatógenos son muy resistentes en el agua de mar (Gameson, 1975). Se requieren más estudios sobre el comportamiento y el destino de los microorganismos asociados con desechos tales como el fango cloacal, especialmente la influencia de factores como la temperatura, la luz, la salinidad y la sedimentación.

7.2 Aspectos físicos

Se necesitan experimentos en el terreno cuidadosamente diseñados para obtener información a fin de elaborar y poner a prueba los modelos para la predicción de las profundidades de penetración y de la posible desintegración de las nubes descendentes de desechos. Las mediciones deberían proporcionar información sobre la distribución de la concentración durante el descenso, la generación de turbidez, la velocidad de sedimentación y la consiguiente dispersión en relación con las condiciones físicas. Sería necesario realizar esos experimentos en diversas condiciones ambientales, desde la calma a condiciones cercanas a las de tormenta y tanto en aguas profundas como poco profundas, estratificadas y no estratificadas. Debería prestarse también especial atención a las condiciones que probablemente producirían por lo menos una dilución inicial y/o una dispersión ulterior.

Debido a la dificultad de abarcar todas las condiciones presentes en la naturaleza, deberían seleccionarse cuidadosamente las condiciones ambientales en que se realizan los experimentos sobre el terreno, de manera que los experimentos sobre el terreno, que son muy costosos, sean complementados por experimentos de laboratorio apropiados. En muchos casos, los experimentos de vertimiento en gran escala pueden proporcionar más rápidamente la información necesaria sobre el comportamiento físico y químico de los desechos en el mar.

Hay una grave carencia de información sobre la influencia de los desechos en los procesos de mezcla así como sobre las posibles interacciones físicas de los diversos tipos de materias. Actualmente no es posible considerar debidamente el carácter multifacético de los desechos para predecir su destino físico.

En relación con la eliminación en aguas profundas, se necesitan con urgencia estudios sobre los procesos de dispersión en aguas profundas y cerca del fondo, incluso la elaboración de nuevas técnicas, por ejemplo para la medición de las corrientes y de la dispersión turbulenta.

8. REFERENCIAS

- Abraham, G., et al., Full-scale experiments on disposal of waste fluids into propeller stream of a ship. En Marine pollution and sea life, editado por M. Ruivo, West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., págs. 471-4
1972
- Bowden, K.F., D.P. Krauel y R.E. Lewis, Some features of turbulent diffusion from a continuous source at sea. Adv.Geophys., 18A:315-29
1974
- Crickmore, M.J., Initial behaviour of sludge. En Out of sight, out of mind. Informe de un grupo de trabajo sobre la evacuación de fangos en la Bahía de Liverpool, vol. 2:45
1972
- Duursma, E.K., The dissolved organic constituents of sea water. En Chemical Oceanography, editado por J.P. Riley y G. Skirrow. Londres, Academic Press, vol. 1:433-75
1965
- EPA (Dirección Federal de Protección del Medio), The barged ocean disposal of wastes. A review of current practice and methods of evaluation. Washington, Environmental Protection Agency, Northwest Region, Pacific Northwest Water Laboratory
1971
- FAO, Departamento de Pesca, Atlas de los recursos vivos del mar. Roma, FAO, pág var.
1972
- FAO, Anuario Estadístico de Pesca, 1973, Capturas y desembarques. Yearb.Fish.Stat.FAO, 1974 36: pág.var.
- Gameson, A.L.H. (Ed.), Discharge of sewage from sea outfalls. Proceedings of an International Symposium. Londres, Pergamon Press (en impresión)
1975
- IAEA, Recent activities of the International Laboratory of Marine Radioactivity. Viena, IAEA Tech.Rep. (136): 24 págs.
1971
- _____, The Agency's responsibilities in connection with the Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and other Matter. Viena, IAEA, GOV/88: 31 págs.
1974
- _____, Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter. The definitions required by Annex I, paragraph 6 to the Convention and the recommendations required by Annex II, Section D. Viena, IAEA Inf.Circ., (205) Add.1: 22 págs.
1975

- Jangaard, P.M. (Ed.), Effects of elemental phosphorous on marine life. Circ.Fish. Res.Board Can.Atl.Reg.Off.Halifax, (2): 313 págs.
1972
- Jannasch, H.W., Current concepts in aquatic microbiology. Edgardo Baldi Memorial
1969 Lecture. Verh.Int.Ver.Theor.Angew.Limnol., 17:25-39
- Jannasch, H.W., et al., Microbiál degradation of organic matter in the deep sea.
1971 Science, Wash. D.C., 171(3972):672-5
- Jernelöv, A., Conversion of mercury compounds. En Chemical Fallout, editado por
1969 N.W. Miller y K.P. Berg. Springfield, Ill., C.C. Thomas Publ. Co.,
págs. 68-74
- Koh, R.C.Y. e Y.C. Chang, Mathematical model for barged ocean disposal wastes.
1973 Preparado para la Office of Research and Development. Washington, D.C.,
Environmental Protection Agency, 178 págs.
- Kullenberg, G.E.B., Vertical diffusion in shallow waters. Tellus, 23(2):129-35
1971
- _____, Some aspects of the dispersion problem in connexion with marine
1974 dumping. Paper presented to ICES, CM.1974/E:28
- _____, Investigation of small-scale vertical mixing in relation to the
1974a temperature structure in stably stratified waters. Adv.Geophys.,
18A:339-51
- National Academy of Sciences, y National Research Council, Disposal of low-level
1962 radioactive waste into Pacific coastal waters. Informe de un Grupo de
Trabajo del Comité de Oceanografía. Publ.NAS/NRC,(985): 87 págs.
- Noruega, Convenio para la prevención de la contaminación marina provocada por
1972 vertidos desde buques y aeronaves. Oslo, febrero 1972, 7 págs.
- Okubo, A., Horizontal and vertical mixing in the sea. En The impingement
1971 of man on the oceans, editado por D.W. Hood. Nueva York, Wiley-
Interscience, págs. 89-168
- Preston, A., Application of critical path analysis techniques for the assessment
1974 of environmental capacity and control of environmental waste disposal.
Publ.IAEA, (SM.175/19):573-83
- Rabanal, H.R., The potentials of aquaculture development in the Indo-Pacific region.
1974 Documento presentado al Grupo de Trabajo del IPFC sobre acuicultura y medio
ambiente costeros, Yakarta, Indonesia, 26 a 29 de octubre, 1974.
IPFC/74/Inf.18: 34 págs.
- Ros-Vicent, J., et al., The ease of release of some trace metals and radionuclides
being sorbed for prolonged periods by marine sediments. Bol.Inst.Esp.
Oceanogr., (en impresión)
- Naciones Unidas, Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por
1973 vertimiento de desechos y otras materias. Comisión sobre la utiliza-
ción con fines pacíficos de los fondos marinos y oceánicos fuera de los
límites de la jurisdicción nacional. Subcomisión 3, A/AC138/ScIII/L29:
17 págs.
- Waldichuk, M., Dispersion of kraftmill effluent from a submarine diffuser in Stuart
1964 Channel, British Columbia. J.Fish.Res.Board Can., 21(5):1289-316

- Weichert, G., Chemical and physical investigations in the German Bight on marine
1972 pollution caused by wastes of a TiO_2 factory. En Marine pollution
and sea life, editado por M. Ruivo.² West Byfleet, Surrey, Fishing News
(Books) Ltd., pág. 186-8
- Weidemann, H. y H. Sendner, Dilution and dispersion of pollutants by physical
1972 processes. En Marine pollution and sea life, editado por M. Ruivo.
West Byfleet, Surrey, Fishing News (Books) Ltd., pág. 115-21
- Williams, P.M., H. Oeschger y P. Kinney, Natural radiocarbon activity of the
1969 dissolved organic carbon in the North-East Pacific Ocean. Nature, Lond.,
224 (5216):256-8



12

M-45

ISBN 92-5-300063-5