



D. MANUEL ROMERO ALARCON
Director Técnico ITSEMAP Ambiental

“Accidentes mayores industriales: una perspectiva medioambiental”

INTRODUCCION

El accidente de Seveso marcó un hito importante, puesto que catalizó la aparición de la legislación comunitaria en materia de prevención de accidentes mayores (AM). La Directiva 82/501/CEE, denominada «Seveso», ha sido transcrita al derecho interno de los países comunitarios y reglamenta determinadas actividades industriales en las que se pudieran ocasionar accidentes de tal magnitud que pudieran afectar tanto a la población como al medio ambiente.

En dicha Directiva se hace mención de la obligación que ciertas industrias tienen de declarar los componentes peligrosos que procesan y almacenan (Directiva 88/160/CEE),

presentando un análisis de los riesgos existentes y un Plan de Emergencia Interior que prevea y mitigue las posibles consecuencias de un AM y sirva de base para la elaboración, por parte de la Administración competente, de un Plan de Emergencia Exterior que coordine las actuaciones en dicho caso.

Por otra parte, otros accidentes, entre los que cabe destacar el de Basilea, han puesto de manifiesto la magnitud con que un accidente puede afectar al entorno.

En la Directiva «Seveso», un AM se define como un hecho producido por una emisión, una explosión o un incendio, resultante del desarrollo incontrolado de una actividad industrial que entrañe un grave peligro,

inmediato o diferido, para el hombre y/o el medio ambiente y en el que intervengan una o varias sustancias peligrosas.

En dicha definición se habla de «hombre y/o medio» de forma independiente y no se llega a definir en ningún momento qué se entiende por medio ambiente.

Los objetivos básicos de la consideración ambiental de los AM pasan por:

- Definir medio ambiente.
- Incluir el término «recursos» como algo asociado intrínsecamente al medio ambiente.

Por otra parte, la definición que de medio ambiente se realiza en la Directiva 85/337/CEE sobre evaluación



Utilización de barreras físicas para minimizar los daños al medio ambiente.

de impacto ambiental es más completa e incluye los siguientes factores:

- El hombre, la fauna y la flora.
- El suelo, el agua, el aire, el clima y el paisaje.
- La interacción entre estos factores.
- Los bienes materiales y el patrimonio cultural.

Hasta hace poco tiempo, el estudio de los accidentes mayores se dirigía preferentemente a los efectos sobre el hombre y se efectuaba en base a estudios de seguridad y de toxicidad aguda.

Actualmente se considera que cualquier consecuencia que se derive de un AM puede tener efectos de consideración sobre el hombre y su entorno. Ahora bien, es a la hora de marcar los límites entre éstos cuando surgen dificultades. Una definición simplista, pero hasta ahora considerada de medio ambiente, es la de todo aquello que no es el mismo hombre y que le rodea y le condiciona.

El hecho de que se haya producido un desarrollo mayor de los estudios de afección directa al hombre hace que los estudios ambientales actuales se consideren de manera independiente a los anteriores, aunque ello no sea realmente cierto.

Sí es cierto, en cambio, que entre hombre y medio existen unas diferencias significativas. Como receptor, el hombre es pasivo y sobre él se dejan notar los efectos, pero no los transporta. El entorno, en cambio, es

un receptor activo que puede acusar unos efectos directos y, al mismo tiempo, transportar los productos según tres vectores: atmósfera, agua y suelo.

Este receptor, compuesto básicamente por flora, fauna y paisaje, como factor integrado, debe ser el principal objetivo del ambientalista, puesto que el primero ya ha sido abordado desde los puntos de vista toxicológico y de seguridad.

Actualmente se considera que cualquier consecuencia que se derive de un AM puede tener efectos de consideración sobre el hombre y el entorno.

¿QUE ES UN ACCIDENTE MAYOR PARA EL MEDIO AMBIENTE?

Si ya es difícil definir lo que es un accidente mayor, mucho más lo es definirlo para el medio, por lo que cualquier definición estará sujeta a equivocación. No obstante, se pueden resaltar algunas características de lo que ambientalmente puede llegar a representar un AM.

La definición de AM, según la Directiva «Seveso», antes comentada, tiene unos rasgos que conviene puntualizar:

Por un lado, la **naturaleza incontrolada de los sucesos**, que da lugar a que éstos ocurran; por otro, el **grave peligro** que pueda presentarse, potencial o actual, y, por último, las **diferentes escalas de tiempo** o períodos de impacto.

Sin embargo, no define lo que se entiende por medio ambiente, aunque, a todos los efectos, consideraremos lo comentado en el apartado anterior. Lo que sí queda claro es que la contaminación gradual y constante no está incluida en tal definición.

Sobre los efectos clásicos de un AM para el hombre, hay que añadir ahora una serie de aspectos ambientales que debemos tener en cuenta:

- Efectos indirectos sobre el hombre.
- Daños ocasionados a lugares de especial interés: científico, recreativo, etc.
- Daños sobre aspectos raros o únicos del medio.
- Los efectos sobre sistemas de abastecimiento humano y recursos.
- Efectos socioeconómicos, etc.

En resumen, y a pesar del carácter subjetivo que puede presentar cualquier definición, un accidente sería mayor para el medio si existiera un daño permanente o de larga duración a partes raras o únicas de nuestro entorno natural, o bien si se produjera un daño muy extendido sobre el medio en general, entendiéndose por medio tanto el natural como el generado por el propio hombre.

El problema surge cuando se intentan establecer unos criterios cuantitativos que ayuden a clasificar los accidentes según su magnitud en función de los efectos sobre el medio.

Independientemente de ello, cualquier criterio que se establezca debe atender a tres tipos de aspectos:

Cualitativos

Cuando exista un daño real o potencial significativo sobre hábitats y

especies de importancia ecológica o sobre recursos y abastecimientos difícilmente sustituibles. También debería atender a los tipos de sustancias liberadas en base a parámetros persistencia, bioacumulación y toxicidad.

Cuantitativos

Deberán incluir aspectos relativos a la extensión del daño. De este modo se podría hablar de extensiones dañadas en lugares de especial interés; número de especies afectadas; magnitud de las medidas necesarias para la mitigación de los efectos, etc. Otro aspecto a destacar sería el de la cantidad de sustancia liberada, así como el establecimiento de criterios comparativos con concentraciones límite establecidas en las diferentes legislaciones sectoriales.

Temporales

Los accidentes se clasificarán en base a la escala temporal en que se produzcan los efectos, debiéndose fijar plazos de regeneración para los

Hay que considerar, como norma general, que para que un accidente sea mayor, los daños deberán ser permanentes o de larga duración.

diferentes hábitats. Hay que considerar como norma general que para que un accidente sea mayor, los daños deberán ser permanentes o de larga duración.

En algunos países, como Gran Bretaña (a través del Department of Environment), se están desarrollando criterios que ayudan a definir lo que es un accidente mayor para el medio ambiente e incluso adelantan unos valores que puedan servir de referencia.

CAUSAS Y CONSECUENCIAS DE ACCIDENTES MAYORES

Aunque nuestro interés se centra estrictamente en las consecuencias, conviene hacer un breve repaso de las posibles causas de AM:

- a) Defecto, fallo u operación defectuosa en planta.
- b) Fuego en planta o que incide en la misma.
- c) Explosión en planta o afección de una explosión externa.
- d) Descomposición externa de una sustancia en proceso o almacenada.



Vertido incontrolado de productos tóxicos.

e) Efectos del fuego en una sustancia en proceso o almacenada.

f) Escorrentía de agua de extinción de incendios.

Hay que resaltar que nos estamos refiriendo únicamente a las causas directas de un accidente, y por ello hablamos de orígenes de tipo técnico. No obstante, es sabido que sólo el 20% de los accidentes tienen como causa directa una cadena de fallos técnicos, estando implicados en el otro 80% fallos organizacionales, de gestión y de comunicación.

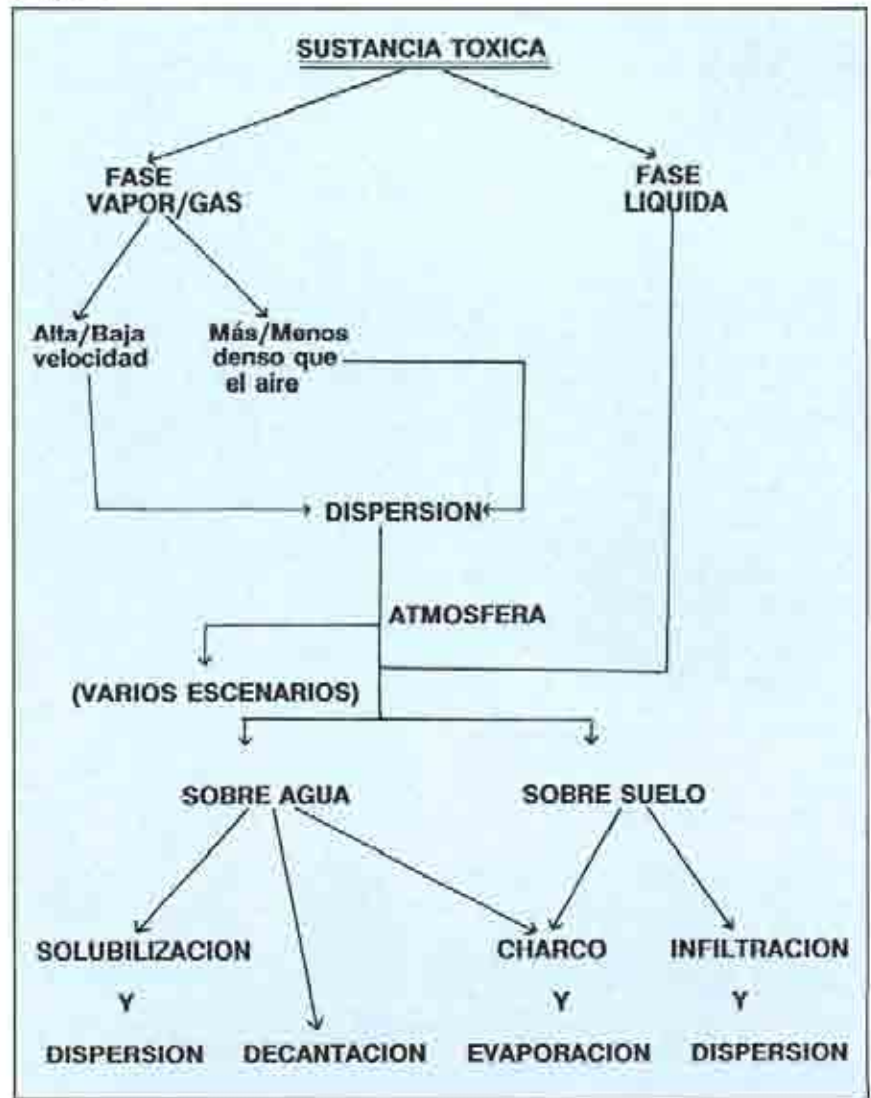
Los tipos básicos de consecuencias se pueden agrupar en tres grandes bloques: incendio, explosión y fugas o derrames de productos tóxicos.

La base de datos MARS (Major Accidents Reporting System) del ISPRA ha registrado valores próximos al 40% de accidentes cuya única consecuencia fue la fuga de un compuesto tóxico, estos valores se elevan al 70% si se consideran consecuencias mixtas (fuga de producto tóxico además de incendio y/o explosión). Estos datos hacen comprender la importancia que este tipo de consecuencias tiene.

Cualquiera de las tres consecuencias puede ocasionar graves efectos sobre el medio, pero, dada la complejidad que puede darse en la evolución de los tipos comentados, conviene subdividirlo en base a los distintos escenarios que pueden producirse.

Estos escenarios serán función, básicamente, de las características de la sustancia liberada, de las condi-

FIGURA 1



Es sabido que sólo el 20% de los accidentes tienen como causa directa una cadena de fallos técnicos, estando implicados en el otro 80% fallos organizacionales, de gestión y de comunicación.



Grave contaminación producida por una fuga de petróleo.

La evaluación de riesgos y peligros de impacto ambiental es más compleja en el caso de liberación de compuestos tóxicos que en el de incendios y explosiones.

La evaluación de riesgos y peligros de impacto ambiental es más compleja en el caso de liberación de compuestos tóxicos que en el de incendios y explosiones, puesto que depende de los efectos toxicológicos y de los mecanismos de dispersión.

De hecho, existen grandes dificultades tanto para conseguir un modelo para el transporte de sustancias en medios como el agua y el suelo como para obtener datos de ecotoxicidad válidos para el contexto de un accidente mayor, máxime cuando ya existe una incertidumbre en la extrapolación animal-hombre.

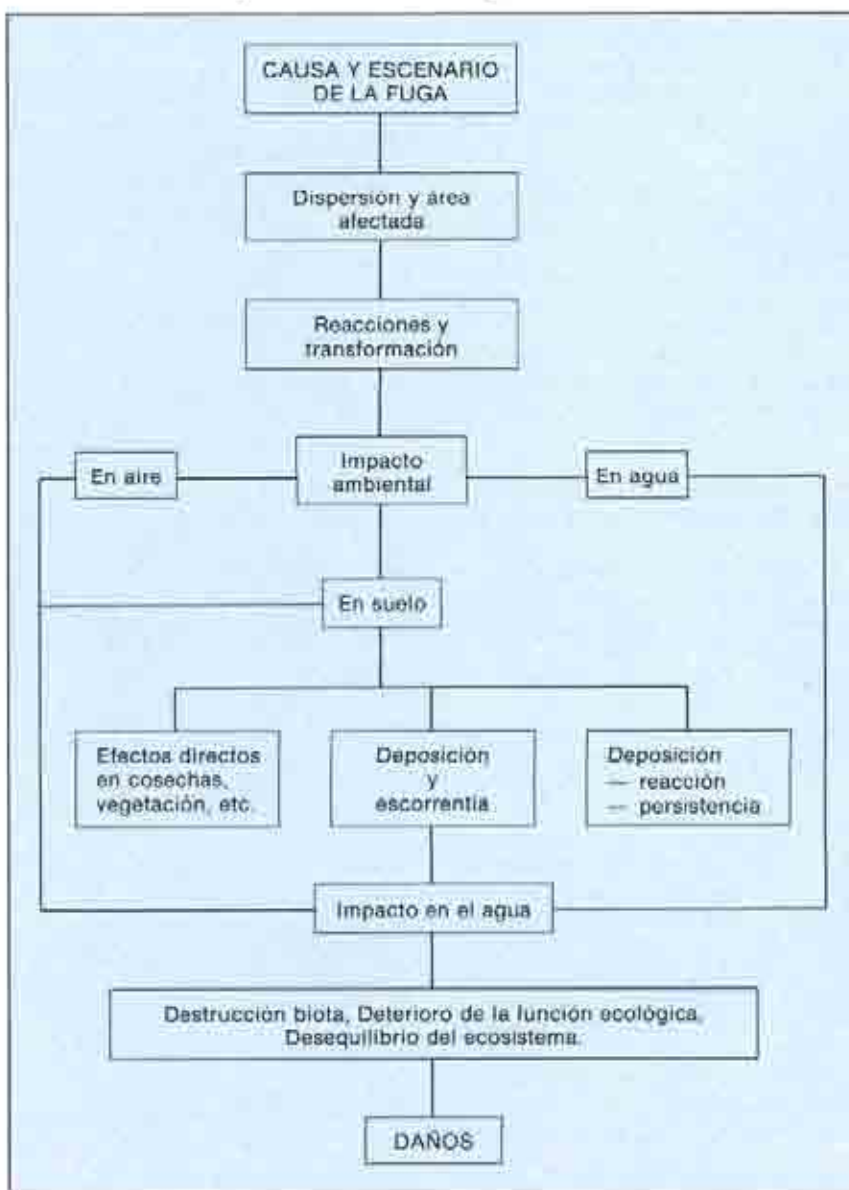
La situación de partida para el análisis de riesgos es compleja. Hay diferentes vías de exposición; es muy difícil determinar la relación dosis-respuesta y existen numerosas du-

das, pero ello no justifica la no consideración de la variable ambiental.

Los elementos indispensables para evaluar riesgos y peligros de impactos ambientales provocados por accidentes mayores son:

1. Identificación de las causas potenciales de un accidente mayor.
2. Definición exacta del origen de la liberación.
3. Evaluación de los impactos potenciales sobre el medio.
 - 3.1. Inventario de recursos: suelo y agua.
 - Flora, fauna, recursos hídricos superficiales y subterráneos, etc.
 - 3.2. Identificación de los usos dados a suelos y aguas.

FIGURA 2. Protocolo para la evaluación de impactos ambientales.



ciones de liberación, así como de las características del medio receptor.

En cada caso obtendremos un tipo de escenario diferente, que condicionará su desarrollo y potenciales efectos sobre el medio (Fig. 1).

IMPACTO AMBIENTAL DE LOS ACCIDENTES MAYORES

Los impactos potenciales que se pueden producir sobre el medio pueden ser directos (destrucción de biota autóctona y del hábitat, efectos físico-químicos, etc.) o bien indirectos si introducen modificaciones en el balance del ecosistema.

Siguiendo el desarrollo de los sucesos con el diagrama adjunto (Fig. 2) se pueden observar los impactos sobre diferentes medios para el caso de una liberación de un producto tóxico, que es la que puede presentar un mecanismo más complejo.

— Recreativos, suministro, acuicultura, agricultura, ganadería, etc.

3.3. Evaluación de los peligros ambientales de las sustancias implicadas potencialmente:

— Ecotoxicidad, persistencia, bioacumulación, formación de compuestos intermedios, efectos sinérgicos, etcétera.

3.4. Investigación de las consecuencias, teniendo en cuenta:

— Extensión del área afectada (suelo, cauces, etc.).

— Persistencia del contaminante.

— Efectos a corto y largo plazo sobre toda forma de vida silvestre y estimación de la población afectada.

— Efectos directos e indirectos sobre el hombre.

Entre las herramientas imprescindibles para llevar a cabo una evaluación de tal tipo hay que destacar:

— Bases de datos para la obtención de información sobre ecotoxicidad y comportamiento en el medio de los compuestos liberados y sus intermedios.

— Bases de datos históricos sobre accidentes ocurridos anteriormente.

— Modelización de los fenómenos de dispersión y transporte.

— Modelización de las consecuencias potenciales de todos los posibles escenarios accidentales.

— Búsqueda de información para elaborar las estrategias de mitigación y descontaminación.

MITIGACION DE EFECTOS Y DESCONTAMINACION (Clean-up)

Ambos conceptos incluyen todo tipo de acciones a tomar tanto *on-site* como *off-site* con objeto de minimizar los efectos ocasionados por un accidente consistente, básicamente, en la liberación de un tóxico.

Entre los conceptos de mitigación y descontaminación existe una diferencia en cuanto a la variable tiempo.

La primera suele incluir todo tipo de medidas de urgencia encaminadas a controlar y aislar los productos liberados (minimización de efectos a corto plazo), mientras que la segunda se desarrolla en una segunda etapa y su objetivo es neutralizar y eliminar dichos productos con objeto de reducir el peligro de efectos a largo plazo, así como restaurar los espacios afectados.

De las tres fases típicas de actuación sobre un accidente (antes, durante y después de la emergencia)



Efectos nocivos de una marea negra.

De las tres fases típicas de actuación sobre un accidente (antes, durante y después de la emergencia) podemos decir que la mitigación interviene en el «durante», y la descontaminación, en el «después».

La labor preventiva debe comenzar en la fase de proyecto de una instalación química mediante la elaboración del oportuno estudio de impacto ambiental, que debe contemplar la posibilidad de un accidente.

podemos decir que la mitigación interviene en el «durante», y la descontaminación, en el «después».

Este aspecto es clave para la definición del tipo de trabajos a desarrollar en cada una de ellas.

Mitigación y descontaminación deben contemplarse de manera integrada en la planificación de emergencia, y ello se consigue mediante el desarrollo de un plan ordenado de actuación que abarca desde las medidas puramente preventivas hasta la restauración de las áreas afectadas, ya en última instancia.

Un plan detallado debería abarcar las siguientes fases:

— Prevención de la liberación accidental de tóxicos.

— Planificación de la respuesta ante una emergencia.

— Seguridad de la descontaminación *in situ*.

— Evaluación de la situación con obtención de datos.

— Técnicas de contención y confinamiento.

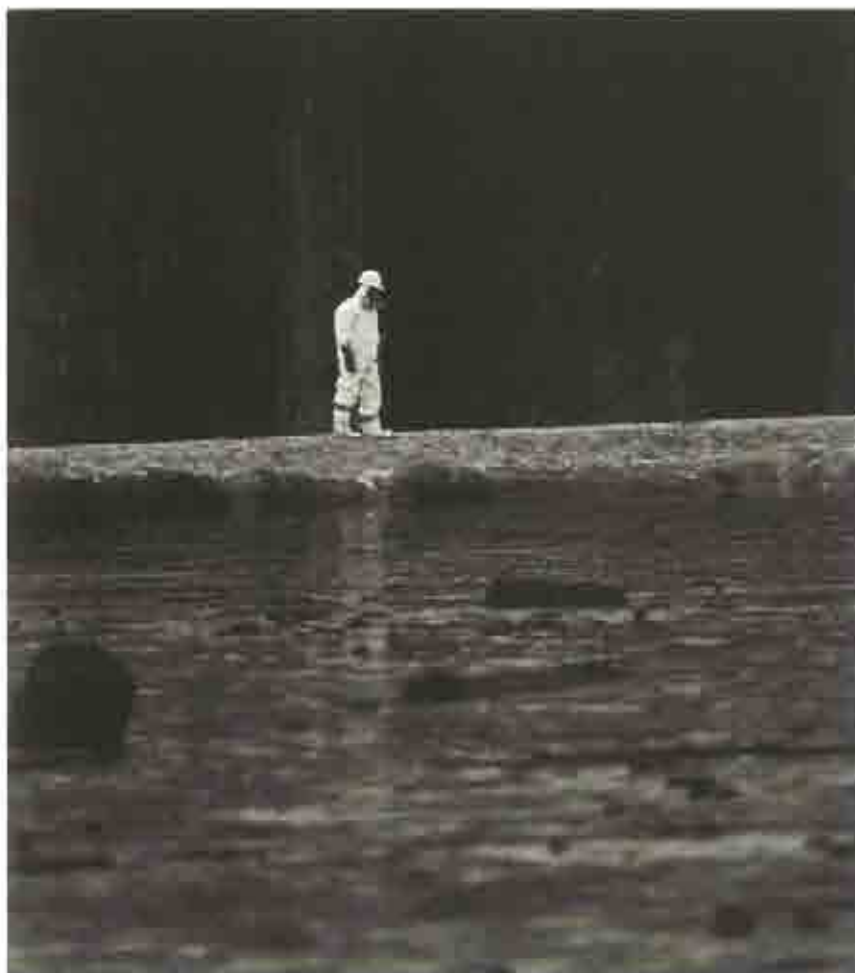
— Técnicas de concentración y segregación.

— Tratamiento de los productos controlados.

— Restauración de las áreas dañadas.

CONCLUSIONES

La consideración del entorno como receptor de un impacto accidental en toda su extensión es relativamente reciente, pero su desarrollo está siendo muy rápido dadas las



En la mitigación de un escape accidental es imprescindible utilizar prendas de protección personal.

FIGURA 3. Ocurrencia de un accidente Industrial



implicaciones directas e indirectas que tanto a largo como a corto plazo pueden tener sobre el hombre. No es un tema fácil dada la subjetividad inevitable que se presenta en la cuantificación de efectos sobre el medio.

No se pretende que la preocupación por el entorno en la planificación de emergencia pase a un primer plano, por encima de los efectos directos sobre el hombre, pero sí que se contemplen las alternativas de actuación ambientalmente más viables.

La variable ambiental no es independiente, debe estar presente todas las decisiones en el campo de la seguridad. La labor preventiva debe comenzar en la fase del proyecto de una instalación química mediante la elaboración del oportuno estudio de impacto ambiental, que debe contemplar la posibilidad de un accidente (Fig. 3).

Una vez que esté ubicada la instalación, suponiendo que se ha optimizado el riesgo ambiental, las auditorías ambientales y de seguridad deben poner de manifiesto las anomalías tanto organizacionales como técnicas detectadas en una instalación en normal funcionamiento.

En tercer lugar, los planes de emergencia internos, y, por tanto, los externos, deben recoger medidas de actuación inmediata para contrarrestar los efectos de un tóxico que sean compatibles con el entorno y faciliten la toma de medidas referentes a descontaminación y restauración de los espacios dañados.

Un último punto a destacar, como consecuencia de la subjetividad anterior, es la dificultad que presenta la información pública en este sentido.

No obstante, es de esperar un rápido desarrollo de las investigaciones en este sentido, de modo que se faciliten las evaluaciones tanto de riesgos como de consecuencias.

BIBLIOGRAFIA

- Bennett, Feates, Wilder: «Hazardous Materials Spills Handbook»; 1982, U.S.A.
- Cerchar/MAPFRE/TNO.: «Les accidents industriels majeures: quelles leçons en tirer?»; 1990, Paris.
- Cheremisnoff: «Hazardous Materials Emergency Response»; 1989, U.S.A.
- IBC: «Risk Assessment of Major Accidents to the Environment». Seminar Documentation; 1990, London.
- J. S. Robinson: «Hazardous Chemical Spill Cleanup»; 1979, U.S.A.