

00553



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
FACULTAD DE QUÍMICA**

**INNOVACIÓN TECNOLÓGICA COMO HERRAMIENTA
PARA LA MEJORA DEL DESEMPEÑO AMBIENTAL
DE LAS EMPRESAS EN MÉXICO**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRÍA EN INGENIERÍA
INGENIERÍA DE SISTEMAS
(INNOVACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE LA TECNOLOGÍA)

PRESENTA

IRMA CRUZ GAVILÁN GARCÍA

DIRECTOR DE TESIS

DR. FRANCISCO JAVIER GARFIAS VÁZQUEZ



MÉXICO, D.F.

2004



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

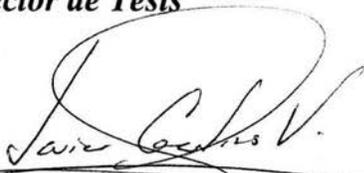
El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

JURADO ASIGNADO

- Presidente: **Dra. Elvira Santos Santos**
Vocal: **Dr. Sergio Estrada Orihuela**
Secretario: **M. en C. María del Rocío Cassaigne Hernández**
1er. Suplente: **M. en C. José Sámano Castillo**
2do. Suplente: **M. en C. Rodrigo Cárdenas Espinoza**

Director de Tesis



Dr. Francisco Javier Garfias Vázquez

Sustentante



Irma Cruz Gavilán García

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.

NOMBRE: Irma Cruz Gavilán García

FECHA: 27 Oct / 2004

FIRMA: 

AGRADECIMIENTOS

- A Dios, por hacer de mí su voluntad
- A mis padres, por su ejemplo de esfuerzo y constancia
- A mi querido esposo, por caminar siempre a mi lado, conocerte fue mi suerte y amarte es un placer
- A mi hija, por iluminar mi vida y ser mi motivo para ser mejor
- A Arturo, por su apoyo incondicional, en las buenas y en las malas
- A Lily, por tu callado apoyo, gracias
- A la Dra. Elvira Santos, por haber sido mi inspiración de superación y firmeza
- A mi Director de tesis, por su confianza y acertada dirección
- A los integrantes del jurado, por sus aportaciones desinteresadas a mi trabajo
- A la UNAM, por la oportunidad de formar parte de ella
- A cada uno de mis alumnos, por haberme contagiado su juventud, frescura, espontaneidad, valor y su alegría de vivir por un México mejor

CONTENIDO	PÁGINA
ACRÓNIMOS	
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO	3
HIPÓTESIS	3
CAPÍTULO I	
Evolución del movimiento ambiental	
I.1. Acontecimientos decisivos	6
I.2. Instrumentos internacionales como respuesta a la problemática ambiental	14
I.3. Agenda XXI	17
I.4. Resolución 95-5 del Consejo de Ministros de Medio Ambiente de América del Norte	18
CAPÍTULO II	
Panorama de la tecnología ambiental	
II.1. El Estado regulador	25
II.2. Dilución como solución a la contaminación	26
II.3. Tratamientos de control de la contaminación	26
II.4. Resumen de ventajas y desventajas de los tratamientos y equipos de control de la contaminación	40
II.5. Respuesta de la industria	44
II.6. Mercado Ambiental: Comportamiento y tendencias	53
II.7. Componentes del mercado ambiental	61
CAPÍTULO III	
Legislación mexicana como respuesta a la contaminación	
III.1. Episodios decisivos de contaminación en México	65
III.2. Marco regulatorio	67
III.3. Compromisos internacionales	72
III.4. Instrumentos voluntarios	76

CAPÍTULO IV**Mercado ambiental en México**

IV.1 Innovación y ambiente	86
IV.2. Rezago de la tecnología ambiental en México	88
IV.3. Principales obstáculos de las empresas	93
IV.4. Fuentes de financiamiento	95

CAPÍTULO V**Estudio de caso de desempeño ambiental**

V.1. Antecedentes del Grupo DESC	100
V.2. El caso de NHUMO	101
V.3 Eco-innovación y eco-eficiencia en NHUMO	111
V.4 Construcción de capacidades tecnológicas y administrativas de NHUMO	116

VI. CONCLUSIONES	122
-------------------------	-----

VII. REFERENCIAS	125
-------------------------	-----

APÉNDICE I

CAPÍTULO I**Evolución del movimiento ambiental**

Tabla I.1	13
-----------	----

CAPÍTULO II**Panorama de la tecnología ambiental**

Tabla II.1 Tipo de tratamiento de residuos peligrosos	38
Tabla II.2 Mercado ambiental en Europa Occidental	54
Tabla II.3 Mercado ambiental en Asia	55
Tabla II.4 Mercado ambiental en Norteamérica	56
Tabla II.5 Mercado ambiental en Latinoamérica	57
Tabla II.6 Relación mercado ambiental/producto interno bruto	58
Tabla II.7 Proyección del valor del mercado ambiental mundial	59
Tabla II.8 Erogación mundial por concepto ambiental	62

CAPÍTULO III**Legislación mexicana como respuesta a la contaminación**

Tabla III.1 Declaración del Consejo de la OCDE sobre medio ambiente	72
Tabla III.2 Decisiones del Consejo de la OCDE sobre medio ambiente	73
Tabla III.3 Recomendaciones del Consejo de la OCDE sobre medio ambiente	75
Tabla III.4 Producción de productos químicos (toneladas)	77
Tabla III.5 Inversión (millones de dólares)	77
Tabla III.6 Importaciones (toneladas)	78
Tabla III.7 Exportaciones (toneladas)	78
Tabla III.8 Evolución de las Auditorías Ambientales	83

CAPÍTULO IV**Mercado ambiental en México**

Tabla IV.1 Montos otorgados por las fundaciones a proyectos relacionados con el ambiente 1994/96	97
Tabla IV.2. Montos de apoyo a instituciones académicas, gobierno y ONG's	98
Tabla IV.3. Fondos recibidos por instituciones académicas	99

CAPÍTULO V**Estudio de caso de desempeño ambiental**

Tabla V.1 Elementos clave de la misión de DESC	100
Tabla V.2 Grupo de negocios de DESC	100
Tabla V.3 Principales productos de NHUMO para el sector llanero	107
Tabla V.4 Tipo de mejoras, habilidades requeridas e impactos en NHUMO	117
Tabla V.5 Elementos presentes en NHUMO asociados a la construcción de capacidades tecnológicas	118

CAPÍTULO II**Panorama de la tecnología ambiental**

Figura II.1 Tratamiento de aguas residuales	28
Figura II.2 Lavador de gases de torre empacada	34
Figura II.3 Ciclón separador de partículas	35
Figura II.4 Precipitador electrostático	36
Figura II.5 Filtro de mangas	37
Figura II.6 Celda de confinamiento controlado	39
Figura II.7 Niveles en el desarrollo de la Gestión Ambiental	46
Figura II.8 Gestión Tecnológica Sustentable de la cadena Producción Total del establecimiento industrial	52
Figura II.9 Dinámica del mercado ambiental	60

CAPÍTULO V**Estudio de caso de desempeño ambiental**

Figura V.1 Proceso de fabricación de negro de humo de horno	110
---	-----

CAPÍTULO IV**Mercado ambiental en México**

Gráfica IV.1 Índice de energía total consumida por unidad de PIB	88
Gráfica IV.2 Porcentaje de origen de quipo de control, monitoreo y verificación ambiental	90
Gráfica IV.3 Equipos importados para el control ambiental de 1990-1995	91
Gráfica IV.4 Estructura jurídica mexicana en materia ambiental	91
Gráfica IV.5 Actividad del mercado ambiental mexicano	92
Gráfica IV.6 Estructura del mercado mexicano en tecnología ambiental	93
Gráfica IV.7 Obstáculos para invertir en mejoramiento ambiental	94

ACRÓNIMOS

ANIQ	Asociación Nacional de la Industria Química
ASTM	Estándar Americano para Métodos de Prueba
BPB	Bifenilos polibromados
BPC	Bifenilos policlorados
BPL	Buenas prácticas de laboratorio
CEMEX	Cementos Mexicanos
CFE	Comisión Federal de Electricidad
CICOPLAFEST	Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas
CONACYT	Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología
-COO ⁻	Grupo funcional correspondiente a los ácidos carboxílicos
COPs	Contaminantes Orgánicos Persistentes
CRETIB	Análisis de las características de Corrosividad, Reactividad, Explosividad, Toxicidad, Inflamabilidad y carácter Biológico-Infecioso
DBO	Demanda Biológica de Oxígeno
DDT	Diclorodifeniltricloroetano
DFPC	Dibenzofuranos policlorados
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EHS	Ecología, Higiene y Seguridad
EPA	Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos
FAD	Flotación con Aire Disuelto
FNM	Ferrocarriles Nacionales de México
GM	General Motors
GPM	Galones por minuto
I+D	Investigación y Desarrollo
INE	Instituto Nacional de Ecología

ISO	Organización Internacional de Estándares
MASH	Medio Ambiente, Seguridad e Higiene
MIC	Metil-isocianato
MMD	Miles de millones de dólares americanos
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OI	Ósmosis Inversa
ONG	Organización No Gubernamental
PEMEX	Petróleos Mexicanos
PIB	Producto Interno Bruto
PROFEPA	Procuraduría Federal para la Protección al Ambiente
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
R ₃ ⁺ N	Grupo funcional amonio
RI	Responsabilidad Integral
SEDUE	Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología
SEMARNAT	Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales
SEP	Secretaría de Educación Pública
SST	Sólidos suspendidos totales
SSV	Sólidos suspendidos volátiles
TCDD	Tetraclorodibenzodioxina
TLCAN	Tratado de Libre Comercio de América del Norte
UNEP	Programa de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente
µm	Micrometro (1X10 ⁻⁶ m)
°C	Grados Celsius

INTRODUCCIÓN

Desde la década de los 70's (1970-1980), la problemática ambiental generada por la degradación del entorno después de poco menos de 250 años de desarrollo industrial se había agravado y motivado el surgimiento de una nueva visión de la conciencia "ecológica" y de "preservación del ambiente" en la población de los países desarrollados, con el objeto de favorecer una nueva sociedad conciente de la problemática y generadora de soluciones, aunque este proceso no se ha logrado del todo.

Pero fue durante la época de los 80's (1980-1990), que el mundo se había dado cuenta de que la globalización de los mercados era un efecto real y tangible, y que los mercados "viejos" se habían sobresaturado de competidores; y el dilema entonces radicaba en encontrar nuevos mercados de forma que las compañías deberían aprender a operar como si el mundo fuera un solo y gran mercado, ignorando diferencias superficiales regionales y nacionales.

Por su parte, mientras el mundo comenzaba a "*pensar globalmente y actuar localmente*", en países como Suecia y Estados Unidos se generaron cambios importantes en la legislación en materia ambiental aunado al desarrollo y fortalecimiento de otras disciplinas como la Ingeniería Ambiental que llevó a mejoras técnicas en los procesos y productos, así como la Economía y Contabilidad Ambiental, quienes por su parte coadyuvaron a cambios organizacionales en las empresas, al comenzar a incluir el rubro de gastos por concepto de "costos ambientales".

Históricamente, la presión social y las regulaciones ambientales del Estado, han derivado en una operación más cautelosa de la industria química y sus ramas afines en el sentido de emplear herramientas de gestión de la calidad y el medio ambiente así como procesos "limpios" y "responsables" con el entorno.

Debido a dichas influencias de los factores externos, es que las grandes firmas de la industria química han desarrollado y asimilado diversos mecanismos de protección ambiental, y conductas o políticas de responsabilidad hacia el medio ambiente. En ocasiones debido también a la cultura misma de la empresa y su alto sentido de responsabilidad con el medio ambiente y la sociedad. En otras, debido a que han encontrado que invertir en conceptos como *ecoeficiencia*, la cual es definida como la producción de más con menos, esto es, utilizar menos recursos naturales y energía en el proceso productivo, reducir los desechos y atenuar la contaminación, además de generar valor para la empresa y promover una dinámica de eficiencia productiva y mejora continua.

El cambio tecnológico suele asociarse a la capacidad de los sistemas económicos para producir más bienes, a menor costo en condiciones de competencia intensa, pero ello no basta para explicar los vínculos entre los asuntos económicos y los ambientales.

La innovación tecnológica puede convertirse en un recurso para reducir la presión de los sistemas económicos sobre los aspectos ambientales. En la oferta de bienes y servicios, las opciones tecnológicas en relación con el ambiente son dos: el uso de técnicas para controlar las emisiones de residuos, conocidas como "de fin de tubo", y el empleo de tecnologías limpias, que persiguen reducir el uso de recursos o energía por bien producido.

Dentro del contexto del desarrollo sostenible, los procesos productivos y los efectos al ambiente, la tecnología juega un factor determinante en el modelo ambiental de cualquier país, razón por la cual el establecimiento de políticas gubernamentales ha sido la respuesta a la exigencia de la sociedad por un desempeño ambiental sano.

OBJETIVO GENERAL

Este trabajo tiene como objetivo estudiar el comportamiento de las empresas en México ante una política ambiental regulatoria, analizando fundamentalmente cuales han sido los verdaderos instrumentos implementados por la industria para resolver los problemas ambientales a los que se enfrenta. Y así identificar si las medidas regulatorias han servido de motor para el desarrollo tecnológico en materia ambiental de las empresas.

El trabajo considera el estudio de caso de la empresa NHUMO S. A.. de C. V., que analiza los esfuerzos de la industria química, iniciados para alcanzar un nuevo *ciclo tecnológico eco-innovador*, como dicha empresa.

HIPÓTESIS

La autoridad ambiental en México al querer mejorar el desempeño ambiental de las empresas ha generado el cambio tecnológico solo de las tecnologías tradicionales de control de la contaminación, por otro lado la industria han mejorado dicho desempeño a través de su participación en iniciativas voluntarias impulsadas por los mercados globalizados, sin desencadenar realmente el proceso de innovación tecnológica que puede brindar beneficios al país.

CAPÍTULO I

EVOLUCIÓN DEL MOVIMIENTO AMBIENTAL

Durante los primeros años de la década de los ochenta, la contaminación se convirtió en el principal problema de la sociedad de los países desarrollados. Actualmente, la información científica muestra algunos problemas potencialmente devastadores relacionados con el ecosistema global, y los residuos tóxicos continúan atrayendo todavía mucho más la atención cuando se calcula la cantidad de capital federal presupuestado para programas del medio ambiente. En este sentido, los residuos tóxicos en EUA supusieron un 50 % de los 8,200 millones de dólares empleados para estos temas durante 1991 (1,2).

Sin embargo, ¿por qué han adquirido tanta importancia?, este problema no surgió de la noche a la mañana. La contaminación del medio ambiente debida a sustancias tóxicas provenientes de residuos o de otros orígenes (por ejemplo fuentes naturales como la erupción de volcanes) posee una larga historia. Parece ser que muchos acaudalados romanos sufrieron envenenamiento por ingestión de plomo hace ya dos milenios, y es probable que el declive del *imperio romano* fuese debido, al menos en parte, a una psicosis originada entre los emperadores por causa del plomo, aunado a la mala administración de los recursos. No obstante, la raíz fundamental de este problema, tal como lo conocemos hoy en día, se encuentra en el rápido desarrollo del progreso tecnológico que tuvo su inicio durante la *revolución industrial* (3).

El comienzo de la revolución industrial aceleró el progreso en muchos campos. Así el avance en la medicina y en la salud pública redujeron las tasas de mortalidad, facilitando un incremento espectacular de la población humana. De modo paralelo, la demanda de productos de consumo creció de forma acelerada, a medida que la producción industrial, la extracción de recursos y la agricultura intensiva proporcionaban un mayor número de bienes de consumo. En compañía de estos bienes llegaron las sustancias tóxicas (como pueden ser los plaguicidas,

fertilizantes, etc), a veces formando parte de estos mismos bienes al ser convertidos en residuos, o en los subproductos generados durante su fabricación.

Hasta principio de los años ochenta las políticas gubernamentales no prestaban especial atención a los residuos y apenas se tomaban medidas para su control. La norma era deshacerse del residuo y confiar en la aparente capacidad de recuperación de la naturaleza. De modo gradual se produjeron casos de exposición a sustancias tóxicas fuera del ámbito laboral, atribuido a una exposición ambiental. Inicialmente fueron compuestos inorgánicos como el plomo y el mercurio, y, tras su irrupción en el siglo XX, los productos orgánicos sintéticos. Pese a que el progreso tecnológico ha proporcionado nuevos productos que han mejorado ostensiblemente la calidad de vida, es claro que la tecnología ha avanzado a mayor velocidad que el propio conocimiento sobre sus consecuencias de los nuevos productos y lo que éstas significan, produciéndose errores más por ignorancia que por negligencia. Los principales problemas de los residuos tóxicos son:

- su naturaleza tóxica a largo plazo, y
- la incapacidad del medio ambiente para asimilarlos y/o transformarlos

Inicialmente, no se comprendió ni se reconoció que consecuencias representan los residuos de la sociedad con altos grados de desarrollo tecnológico sobre el medio ambiente y la salud. Fueron necesarios varios años, e incluso décadas, para comprobar las distintas manifestaciones de sus efectos crónicos que, en algunos casos, no eran fácilmente reconocibles debido al hecho de que todos estamos expuestos a la acción de una gran variedad de productos químicos.

Todo cambió cuando se desarrollaron ciencias tales como la epidemiología, la toxicología y la química analítica, que permitieron reconocer por parte de los investigadores las relaciones, previamente ignoradas, sobre los efectos a largo plazo de los compuestos químicos tóxicos. Se produjeron varios casos decisivos;

que dejaron a la luz pública la falta de responsabilidad por parte de las autoridades hacia el manejo adecuado de materiales peligrosos, uno de estos ejemplos fue la afectación de una población de aves por residuos de DDT (diclorodifenil tricloroetano) en 1962. Poco tiempo después, varios casos de envenenamiento de la población en Japón debidos al mercurio (entre 1930 y 1960), y en esa misma década los sucesos relacionados con BPC (bifenilos policlorados) y dioxinas dejaron claro que el riesgo de exposición a productos peligrosos ya había rebasado el ámbito laboral y se había convertido en un riesgo ambiental. Cada uno de estos episodios fue señalado por la prensa, recibiendo un tratamiento novedoso y crecientemente popular que ha llegado con el tiempo a denominarse periodismo medioambiental. Como resultado, produjo una rápida concientización que provocó un aumento de la preocupación popular, el surgimiento de movimientos medioambientales y, como consecuencia, la promulgación de una nueva legislación que indica el tratamiento que deben recibir actualmente los residuos tóxicos (4).

1.1 Acontecimientos decisivos

A continuación se narran algunos acontecimientos que han sido reportados como decisivos para la toma de decisiones de los organismos encargados de reglamentar los aspectos relacionados con los riesgos a la salud y al ambiente.

1.1.1. Diclorodifenil tricloroetano (DDT)

Para el público los pesticidas se llegaron a convertir en compuestos potencialmente siniestros tras la publicación en 1962 del título *Silent Spring* por parte de Rachel Carson (8). La autora centró la atención mundial en la interconexión del ciclo vital al describir en qué medida los residuos de DDT podían ser localizados en los calamares del fondo marino, en los pingüinos de la Antártida y en los tejidos grasos del *homo-sapiens*. En las aves acuáticas los altos niveles de DDT se asociaron a la infertilidad. Posteriormente se llegaría a descubrir que el DDT inhibe la producción de calcio en los ovarios de las aves,

provocando el desarrollo de huevos cuyas cáscaras eran demasiado frágiles para soportar su peso. En el caso del *homo-sapiens* no era la disminución del grosor de la cáscara del huevo la principal preocupación, sino la de la aparición de una grave enfermedad, ya que la exposición a los efectos del DDT en animales de laboratorio se asoció al gran incremento en la aparición de cánceres. Este fue uno de los primeros casos de asociación del cáncer a la exposición frente a compuestos químicos tóxicos (5).

1.1.2. Mercurio

El mercurio posee propiedades toxicológicas completamente distintas según su estado químico. En estado líquido fue empleado en el pasado para curar constipados, aparentemente con escasos efectos colaterales negativos. Por el contrario las sales de mercurio, utilizadas en la fabricación de fieltros en la industria sombrerera de los Países Bajos, produjeron trastornos neurológicos conocidos como la locura del sombrerero. Los compuestos orgánicos de mercurio, como el metilmercurio, han demostrado ser todavía más peligrosos, habiendo provocado cientos de casos de parálisis y pérdidas sensoriales en la bahía japonesa de Minamata. El mercurio inorgánico de una planta química fue metilado en sedimentos y posteriormente asimilado biológicamente por los crustáceos. Teniendo en cuenta que los crustáceos eran una de las principales fuentes de proteínas de gran parte de la población local, la situación llegó a adquirir envergadura de epidemia, como otras de características similares producidas en otros lugares (por ejemplo en Irak y en países en los que la población llegó a ingerir inconscientemente semillas contaminadas con fungicidas de organomercurio). No obstante, fue el desastre de Minamata y el famoso reportaje fotográfico de Katagiri el suceso que, a finales de los años sesenta, contribuyó a la concientización global sobre la contaminación industrial (6).

1.1.3. Bifenilos policlorados (BPC)

Como en el caso del DDT, durante los años sesenta y setenta se producía una cantidad de cien millones de libras anuales (45,350.00 toneladas) de bifenilos

policlorados (BPC). Sin embargo, y a diferencia del DDT que se empleaba solamente como insecticida, los BPC poseen múltiples usos, y se emplean en la industria de refrigerantes de transformadores, de plastificantes y en la elaboración de papel sin carbono. Dos casos de contaminación accidental de aceite para el consumo de arroz expusieron a miles de ciudadanos japoneses y taiwaneses a finales de los años sesenta y a mediados de los setenta a altas concentraciones de BPC. Entre la población expuesta se produjo un gran número de abortos y defectos de nacimiento. Aunque posteriormente se llegó a demostrar que estos problemas prenatales de salud fueron consecuencia, no tanto de los BPC's en sí mismos, sino de los dibenzofuranos policlorados o policloro dibenzofuranos (PCDF's) producidos al calentar el aceite contaminado para la cocción del arroz, los medios de comunicación hicieron que la población mundial se concientizase en gran medida de los efectos adversos para el ser humano de la exposición frente al PCB. Durante ese mismo período en el estado norteamericano de Michigan la contaminación de alimento seco para ganado con bifenilos polibromados (BPB) fue motivo de peligro para los seres humanos, no sólo a través de la leche y otros productos lácteos, sino que también afectó a las personas a través de vías más complejas. El ganado afectado fue sacrificado y empleado para preparar piensos para aves, con lo que miles de personas fueron expuestas también a los BPB a través de huevos y diversos productos fabricados con estos huevos. Uno de estos sucesos obligó a la confiscación de 24,000 paquetes de productos de panadería contaminados en Alabama, e incluso los BPB aparecieron en la leche materna de muchas madres del estado de Michigan (5, 7).

1.1.4. Love Canal

Para muchas personas Love Canal (EUA) será el símbolo perpetuo de la contaminación medioambiental causada por residuos tóxicos. Este llegó a ser el suceso fundamental que motivaría la promulgación en 1980 de la Ley del Superfondo (Ley General de Compensación y Responsabilidades de Respuesta Medioambiental) del Congreso de los Estados Unidos. Inútil como canal, los

extremos de esta vía acuática fueron clausurados y el canal fue utilizado en los años cuarenta y cincuenta por Hooker Chemical Co. y otras empresas como vertedero de residuos tóxicos. A continuación Love Canal fue rellenado, cubierto y posteriormente vendido al Departamento de Educación de Niagara Falls, Nueva York, por un dólar. La compañía informó al Departamento que el terreno había sido utilizado como depósito de vertidos químicos, instando a que no se realizase ningún tipo de excavación o construcción subterránea, información que fue incluida en las escrituras de propiedad de las parcelas creadas cuando el Departamento de Educación compró los terrenos.

El Departamento de Educación de Niagara construyó una escuela para enseñanza primaria en un terreno que pronto se vería rodeado por cientos de hogares, muchos de ellos con niños pequeños. A finales de los años setenta se distinguía un olor de origen químico, particularmente en las plantas bajas de las casas, lugar en el cual, debido al estilo de construcción local, se encontraban normalmente los dormitorios de los niños. La gente comenzó a sufrir problemas, y el análisis de muestras reveló la existencia de sustancias de origen químico, incluyendo dioxinas, en el terreno.

Un reportero local, Michael Brown, del *Niagara Gazette*, decidió investigar los casos anecdóticos de varias enfermedades infantiles que parecían estar relacionadas con los olores del interior de las casas. Simplemente visitando a la vecindad descubrió más de cien casos originados con toda probabilidad por sustancias químicas. Pudo además respirar por sí mismo los olores de tipo químico en las plantas bajas de las casas, a veces casi hasta sentir náuseas e irritaciones oculares. El reportaje de Brown obtuvo el Premio Pulitzer y centró la atención tanto de políticos locales como del resto del mundo. A los pocos días la comunidad local, dirigida por Lois Gibbs, ama de casa con dos hijos afectados, reclamó una indemnización al estado. En una asamblea los activistas de Love Canal, descontentos con la escasa reacción por parte de la Environmental Protection Agency (EPA), encerraron a dos oficiales durante una noche, hasta que

Washington les aseguró que se tomarían medidas. El estado de Nueva York y el gobierno de los Estados Unidos (por medio de la Agencia Federal de Gestión de Emergencias) adquirieron finalmente las viviendas próximas al canal, mientras que ya por aquel entonces se habían ido descubriendo depósitos en muchos patios traseros y la mayoría de los propietarios estaban ansiosos por trasladarse cuanto antes.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) declaró con posterioridad la zona de Love Canal como terreno del Superfondo, y hoy en día el lugar se encuentra en período de recuperación. Pese a la impresión general, nunca se llegó a demostrar que la contaminación en la zona superase el nivel de riesgo estimado en sus inicios (8).

1.1.5. Times Beach

Con toda probabilidad el episodio más famoso en relación a la creciente preocupación del pueblo norteamericano por los residuos tóxicos se produjo en Times Beach, Missouri. Como en el caso de Love Canal, la principal sustancia química involucrada fue la dioxina. A finales de los años sesenta y principios de los setenta se retiraron residuos de algunas empresas químicas cercanas a San Luis, que fueron diluidos en aceites lubricantes (práctica legal en aquella época) y utilizados como alquitrán para carreteras y suelos de granjas de caballos, con el fin de evitar el levantamiento de polvo (práctica asimismo legal por aquel entonces). A principios de los años setenta se desconocían las dioxinas. No obstante, al extender el aceite en un establo de caballos en mayo de 1971 muchos de los animales murieron. Incluso tras retirar una capa de 15 cm del suelo contaminado continuaban muriendo los animales. Los análisis químicos que se realizaron llegaron a mostrar que la contaminación por dioxinas alcanzó hasta las 100 ppm (partes por millón) en el pueblo de Times Beach. La EPA solucionó el caso de Times Beach adquiriendo las propiedades de la comunidad y evacuando definitivamente a sus residentes. Tras la explosión ocurrida en 1976 en la industria química de Seveso (Italia) y con la difusión de los efectos tóxicos ocasionados por la dioxina liberada en la deflagración, ésta

(tetraclorodibenzo(p)dioxina o TCDD) llegaría a ser reconocida como el principal producto químico sintético tóxico jamás descubierto (9).

1.1.6. Bhopal

A la una de la tarde del domingo 3 de diciembre de 1984 un depósito de isocianato de metilo (CH_3NCO) (MIC) sufrió un escape de aproximadamente 45 toneladas en la fábrica de pesticidas Union Carbide India, Inc. de Bhopal (India). Antes de que finalizara lo que llegó a calificarse como «el accidente químico más grave de la historia de la humanidad» murieron casi 3,000 personas y unas 200,000 resultaron heridas.

El isocianato de metilo es una sustancia química precursora empleada en la fabricación de pesticidas. Es de gran inestabilidad y debe mantenerse a bajas temperaturas. Posee gran toxicidad, y al ser inhalada puede provocar broncoespasmos severos y respiración asmática. Causa graves irritaciones sobre ojos, piel y membranas mucosas, y puede ser absorbida dérmicamente. La exposición a grandes cantidades puede provocar ceguera, daños en los pulmones, enfisema y, por último, la muerte. Los medios de comunicación imputaron las causas del accidente a errores de diseño, deficiencias operativas, fallos de mantenimiento y a la formación inadecuada del personal. Tras una investigación interna la Union Carbide declaró que el accidente fue consecuencia directa de un sabotaje por parte de un operario.

La fábrica poseía varios sistemas de seguridad, entre los que se encontraban un respiradero de purificación de gases que debería neutralizar cualquier escape de MIC, y una chimenea de combustión capaz de quemar MIC y transformarla en CO_2 , H_2O y NH_3 . Como resultado de una elaborada investigación por parte de A. D. Little, Inc. se llegó a la conclusión de que la causa más probable del accidente fue la entrada de agua directamente en el depósito de MIC. La mezcla de agua y MIC provocó una elevación de temperatura y presión que hizo generar gases MIC a un ritmo extremadamente alto.

Además de los errores tecnológicos, varios factores sociales y políticos contribuyeron a la gravedad del incidente. Bhopal había crecido rápidamente, poseía un número insuficiente de viviendas de bajo costo y existía un gran número de inmigrantes que ocupaban viviendas alrededor de la empresa, pese a los intentos de la compañía por establecer un cinturón de seguridad. Dos de estas zonas se encontraban precisamente en el lado opuesto de la calle donde se encontraba la empresa, a pesar de no ser considerada zona residencial. El gobierno estatal se resistía a imponer a la industria normas medioambientales o de seguridad estrictas debido a la necesidad desesperada de puestos de trabajo.

La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos fue rotundamente criticada por no haber incluido la MIC en la lista de productos peligrosos. El congresista Henry A. Waxman, presidente de la Casa de la Salud y del Subcomité Medioambiental, añadió: “Es dramático pensar que deban producirse estas tragedias para que la industria dé un paso adelante y afirme que, efectivamente, estas consecuencias deberían haberse previsto ya”. El hecho de que podría producirse un accidente tan grave provocó la reacción del Congreso y motivó la creación de las disposiciones de la SARA (Superfund Amendments and Reauthorization Act) sobre el derecho a la información (10).

1.1.7. Algunos otros accidentes documentados de no menor importancia

A continuación se presentan en la tabla I.1 de otros accidentes documentados (4):

Tabla I.1 Accidentes reportados

FECHA	LUGAR	ACCIDENTE	CONSECUENCIAS
1947	Texas, EUA	Barco cisterna explotó como consecuencia de un derrame	552 muertos 3,000 heridos
1966	Feyzin, FR	Almacén de productos químicos explota	18 muertos 81 heridos
1972	Río de Janeiro, BR	Exposición en una petroquímica	37 muertos 53 heridos
1974	Flixborough, GB	Exposición por fuga de ciclohexano en la planta de Nypro	28 muertos Cientos de heridos
1976	Seveso, IT	Exposición en reactor fuera de control con emisiones de dioxina (TCDD)	No hubo muertos Mas de 1,000 personas fueron expuestas a dioxina
1978	San Carlos, ES	Exposición de un autotank de propileno	215 muertos 200 heridos
1984	Cd. De México, MX	Exposición en tanques de almacenamiento de gas LP	452 muertos 4,200 heridos
1984	Cubatao, BR	Exposición en oleoducto	500 muertos
1986	Chernobyl, URSS	Reactor nuclear fuera de control	20 muertos 500 heridos Miles de personas afectadas por radiación
1989	California, EUA	Escape de etileno-isobutano	23 muertos 132 heridos
1989	Alaska, EUA	Derrame de petróleo crudo	10,000 pájaros muertos

Fuente: Elaboración propia recopilada de varias fuentes

1.2 Instrumentos internacionales como respuesta a la problemática ambiental

La aparición de accidentes y problemas ambientales globales como consecuencia de la actividad económica y de la explotación de los recursos, y el posterior fortalecimiento de los movimientos ambientales a nivel nacional y a nivel global, los cuales ejercen presión sobre los países y sobre las instituciones multilaterales, han generado una respuesta de la comunidad internacional en el sentido de que los problemas ambientales dejan de ser un aspecto secundario en la agenda de negociaciones, y se convierten en tema prioritario. Los diferentes acuerdos y compromisos internacionales nacen como consecuencia de la importancia que adquiere la problemática ambiental global, y por la necesidad de asegurar la sostenibilidad como fin último de la sociedad actual (11).

Los acuerdos internacionales se podrían definir como aquellos instrumentos jurídicos asimilables a los contratos entre personas, en el sentido que mediante el consentimiento manifestado por los Estados se legitima un elemento jurídico y se crean derechos y obligaciones entre las partes, regidos por el derecho internacional.

La práctica internacional ha desarrollado varios términos para remitirnos a ésta clase de instrumentos, dentro de los cuales están los "acuerdos", "convenios", "declaraciones", entre otros. A pesar de esa diversidad terminológica, no existe una nomenclatura exacta.

Sin embargo, se puede llegar a definir cada uno de los términos dependiendo del uso más común que se les ha dado a través de la historia. Dentro de las posibles definiciones están (12):

1. Tratado: éste es un "un acuerdo internacional concertado entre estados de manera escrita y gobernado por el derecho internacional, ya sea instituido en un solo

instrumento o bien en dos o más instrumentos, cualquiera que sea su designación particular" según la definición de la Convención de Viena de 1969.

2. Acuerdos: La diferencia básica con los "tratados" es que los acuerdos se utilizan como instrumentos de índole técnica o administrativa, que aunque son firmados por representantes de dependencias gubernamentales no necesariamente tienen que estar sujetos a ratificación.

3. Convenciones: Las convenciones se pueden definir como aquellos instrumentos negociados bajo los auspicios de una organización

4. Protocolos: Por lo general, los protocolos son instrumentos más específicos que ayudan a convertir en acciones los objetivos de los tratados, las convenciones y los acuerdos. Los protocolos se usan especialmente en el campo del derecho ambiental internacional.

5. Declaraciones: el término se usa deliberadamente para indicar que las partes no tienen intención de crear obligaciones en firme sino simplemente el deseo de expresar ciertas aspiraciones, éstas no siempre son jurídicamente vinculantes.

La política ambiental mundial se ha enfocado básicamente en la negociación de acuerdos multilaterales para la cooperación con el fin de proteger el medio ambiente y los recursos naturales.

Sin embargo, es posible que un país o grupo de países que poseen una posición privilegiada en cuanto a su capacidad económica, su influencia en la opinión pública y/o el manejo de la información, se opongan a un acuerdo específico, ejerciendo lo que se denomina poder de veto.

Aunque, no necesariamente el poder económico se convierte en una variable fundamental para debilitar los acuerdos. Incluso por el poder de veto, países pobres pueden requerir compensaciones o tratamientos favorables para lograr su apoyo a ciertos acuerdos.

A pesar de todas las dificultades que pueden presentarse en la negociación de acuerdos entre las partes interesadas, en 1989 las Naciones Unidas empiezan a planear la Conferencia en Medio Ambiente y Desarrollo, que tiene como fin determinar cómo se va a alcanzar el desarrollo sostenible (14).

En 1992 se desarrolla la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y Desarrollo en Río de Janeiro, Brasil (conocida comúnmente como la Cumbre de Río).

De la Cumbre de Río surgen los documentos fundamentales para el medio ambiente. Los documentos son:

1. La Declaración de Río en Medio Ambiente y Desarrollo, establece a través de 27 principios los derechos y responsabilidades de todas las naciones en la búsqueda del desarrollo y bienestar humano.
2. La Agenda 21, es una guía de cómo lograr un desarrollo sostenible desde el punto de vista social, económico y ambiental. La Agenda 21 contiene políticas y programas para alcanzar un balance sostenible entre el consumo, la población y la capacidad de la tierra para sostener la vida.
3. La Declaración de Principios Forestales, para orientar el manejo, conservación y desarrollo sostenible de todo tipo de bosques, los cuales son esenciales para el desarrollo económico y para mantener todo tipo de formas de vida.
4. La Convención en Cambio Climático, para estabilizar los gases de efecto invernadero a niveles que no alteren de manera significativa el clima de la tierra.
5. La Convención en Diversidad Biológica, la cual requiere que los países adopten formas de conservar la variedad de especies vivas, y asegurar que los beneficios derivados de la utilización de la diversidad biológica sean distribuidos de manera equitativa.

La Cumbre de Río, surge como el motor más importante para el logro de acuerdos para la protección del medio ambiente. Todas las declaraciones y las convenciones producto de esta cumbre, se convertirán con el transcurso de los años en acuerdos puntuales para la implementación de medidas específicas.

1.3 Agenda XXI (21)

En diciembre de 1989, la Asamblea de la Naciones Unidas convino en realizar la Conferencia de Naciones Unidas sobre Ambiente y Desarrollo con objeto de revertir las tendencias de deterioro ambiental y sentar las bases para el desarrollo sostenible antes de iniciar el siglo XXI. Entre los temas de dicha conferencia, efectuada en junio de 1992 en Río de Janeiro, Brasil, se incluyó el relativo a la gestión ambiental adecuada de los desechos, en particular los peligrosos, y de las sustancias tóxicas, así como la prevención del tráfico internacional ilegal de productos tóxicos o peligrosos y de los desechos.

La característica principal que distingue esta conferencia de la que tuvo lugar en 1972 en Estocolmo, Suecia, es la ubicación de los temas ambientales en el centro de las políticas económicas y de los procesos de toma de decisiones.

México participó en los trabajos que a lo largo de más de dos años se realizaron para integrar el documento intitulado Agenda 21, el cual contiene las propuestas que 186 países elaboraron para servir de base al establecimiento de políticas y programas de acciones nacionales en cada materia.

En específico el capítulo 19 de la Agenda contempla *El manejo seguro de sustancias químicas*, el cual incluye las siguientes áreas:

- a) Ampliación y aceleración de la evaluación internacional de los riesgos de los productos químicos.
- b) Armonización de la clasificación y etiquetado de los productos químicos.
- c) Intercambio de información sobre productos químicos tóxicos y el riesgo que entrañan los productos químicos.
- d) Organización de Programas de Reducción de Riesgos.
- e) Fomento de la capacidad y los medios nacionales para la gestión de los productos químicos.

En 1994, para facilitar la puesta en práctica de las áreas de programa antes señaladas, se creó el Foro Intergubernamental de Seguridad Química (FISQ), del cual México ocupó la vicepresidencia (15).

1.4 Resolución 95-5 del Consejo de Ministros de Medio Ambiente de América del Norte

La Resolución 95-5 establece los siguientes *párrafos textuales* sobre los desechos tóxicos (15):

- Reconociendo que los territorios de las Partes comprenden ecosistemas regionales compartidos, en los que la tierra, el aire, el agua, la flora y la fauna están vinculados y son interdependientes;
 - Reconociendo que el transporte de sustancias tóxicas a través de las fronteras nacionales es una preocupación importante y compartida;
 - Observando con preocupación que ciertas sustancias tóxicas persistentes se bioacumulan en los organismos vivos y que se les ha asociado con disfuncionalidad del sistema inmunitario, deficiencias en la reproducción, anomalías del desarrollo, deterioro del comportamiento nervioso y cáncer, así como efectos tóxicos agudos y otros efectos perjudiciales para la salud humana, vegetal animal y para el ambiente;
 - Observando además que algunos de estos efectos perjudiciales son irreversibles y que las medidas correctivas adoptadas para mejorar los ambientes degradados y tratar las enfermedades asociadas con la contaminación, aún cuando sean factibles, pueden a menudo ejercer una presión considerable sobre las economías locales, regionales y nacionales;
 - Reconociendo la necesidad de evaluar y desarrollar estrategias para tratar las sustancias químicas nuevas y existentes en América del Norte (Canadá, Estados Unidos y México), durante sus ciclos de vida, para reducir y evitar los efectos adversos a la salud humana y el medio ambiente;
 - Reconociendo las importantes aportaciones que pueden realizar los productores y/o los usuarios para el manejo racional de las sustancias químicas;

- Reafirmando el compromiso de las partes con respecto al manejo racional de las sustancias químicas, tal como fuera enunciado en el Programa 21: Un Plan de Acción Mundial para el Siglo XXI, y adoptado en 1992 en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo;
- Reafirmando los principios de la Declaración de Río, tomando nota en particular de aquellos principios que tienen una importancia especial para la promoción de la seguridad química, incluyendo:

Principio 14. Los Estados deberán cooperar eficientemente para desalentar o evitar la reubicación y la transferencia a otros estados de cualesquiera actividades y sustancias que causen grave degradación ambiental o se consideren nocivas para la salud humana.

Principio 15. Con el fin de proteger el medio ambiente, los estados deberán aplicar ampliamente el criterio de precaución conforme a sus capacidades. Cuando haya peligro de daño grave o irreversible, la falta de prueba científica absoluta no deberá utilizarse como razón para postergar la adopción de medidas eficaces en función de los costos para impedir la degradación del medio ambiente;

- Reconociendo que el Foro Intergubernamental de Seguridad Química (FISQ) ha recomendado que se establezcan en todas las regiones, y cuanto antes, redes de intercambio de información y cooperación regionales;
- Reconociendo además que esta resolución debe fortalecer los compromisos bilaterales y multilaterales existentes relacionados con el manejo racional de las sustancias químicas, que han suscrito cuando menos dos de las Partes del Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN), incluyendo, por ejemplo, los compromisos contraídos en el Artículo II (a) del Acuerdo para la Calidad del Agua de los Grandes Lagos, entre Canadá y Estados Unidos, que "*La descarga de sustancias tóxicas en cantidades tóxicas se prohíba y la descarga de cualquiera o todas las sustancias tóxicas sea eliminada*";
- Reconociendo la responsabilidad del Consejo, de acuerdo con el Artículo 10 del ACAAN, de promover y, cuando proceda, elaborar recomendaciones para el establecimiento de límites adecuados para contaminantes específicos, teniendo en

cuenta las diferencias de los ecosistemas y otras responsabilidades para el manejo racional de las sustancias químicas incluidas en otras disposiciones pertinentes del ACAAN;

- Reconociendo además el Artículo 10 del ACAAN que invita al Consejo a fortalecer la cooperación para el desarrollo y el mejoramiento continuo de las leyes y reglamentos ambientales, incluyendo: “(a) *La promoción del intercambio de información sobre criterios y metodologías utilizadas para establecer las normas ambientales internas y (b) el establecimiento de un proceso para elaborar recomendaciones sobre una mayor compatibilidad de reglamentaciones técnicas, normas y procedimientos de evaluación ambientales y su cumplimiento, de manera congruente con el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN), sin reducir los niveles de protección ambiental*”;

Teniendo conocimiento de las necesidades de considerar las circunstancias singulares de la economía y los ecosistemas de los miembros del TLCAN y desarrollar métodos regionales para el manejo racional de las sustancias químicas, particularmente para reducir los riesgos de las sustancias tóxicas persistentes de mutua preocupación;

Concluyendo que la prevención de la contaminación y la reducción del riesgo a través de acciones conjuntas para el manejo racional de las sustancias químicas, particularmente de las sustancias tóxicas persistentes, son tanto deseables como imperativas para proteger y mejorar el medio ambiente de América del Norte;

Se compromete a desarrollar la cooperación regional en lo que respecta al manejo racional, a lo largo de todo su ciclo de vida, de la gama completa de sustancias químicas que constituyen una preocupación común, incluyendo medidas como la prevención de la contaminación, la reducción de las fuentes y el control de la contaminación;

Decide dar prioridad al manejo y control de sustancias de mutua preocupación que son persistentes y tóxicas, empezando con el establecimiento de un plan regional de acción sobre el manejo y control de los bifenilospoliclorados (BPC). Los planes regionales de

acción serán elaborados para una breve lista de tres sustancias adicionales seleccionadas entre un grupo de sustancias, incluyendo las 12 sustancias orgánicas persistentes bioacumulativas identificadas en la reciente Decisión 18/32 del Consejo de Administración del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, de mayo de 1995 y ciertos metales pesados;

Decide además que se elaboren planes de acción regional adicionales para tales sustancias de mutua preocupación tal como se especifica más adelante, tomando en consideración diferentes enfoques y calendarios nacionales para el manejo racional de las sustancias químicas de manera que respeten las diferentes circunstancias económicas, políticas y regulatorias de las Partes;

Establece por la presente un grupo de trabajo formado por dos funcionarios de nivel superior nombrados por cada Parte, cuyo deber corresponde a la reglamentación o al manejo de las sustancias tóxicas y que trabajará con la Comisión para la Cooperación Ambiental (CCA) para implementar las decisiones y compromisos establecidos en esta resolución, incluyendo la elaboración de:

- Un plan de acción regional para el manejo y control de los BPC;
- Criterios para identificar sustancias tóxicas y persistentes adicionales que serán objeto de acción regional para el 15 de noviembre de 1995;
- Un seminario regional que se celebró en diciembre de 1995 en México, para la discusión de las acciones en marcha y las experiencias en la materia;
- Una lista breve de tres sustancias tóxicas y persistentes prioritarias además de los PCB, que quedaron elaborados el 15 de enero de 1996, para las cuales se prepararon planes de acción regional;
- Planes de acción regional que abarquen cada una de las sustancias tóxicas y persistentes incluidas en dicha lista, los cuales se presentaron al Consejo para su aprobación el 15 de diciembre de 1996; y
- Criterios mejorados para identificar las sustancias tóxicas y persistentes para la acción regional, una lista breve actualizada y recomendaciones sobre otras

sustancias tóxicas y persistentes que serán objeto de los planes de manera anual, que se inició en 1996.

Al abordar las decisiones y compromisos mencionados, el grupo de trabajo debe:

- Elaborar recomendaciones para mejorar la capacidad de control, investigación e intercambio de información en lo que se refiere al manejo racional de las sustancias químicas;
- Identificar y recomendar medidas para mejorar la capacidad y la competencia para el manejo racional de las sustancias químicas, incluyendo medidas referentes a la cooperación técnica, al intercambio de información y a los enfoques conjuntos;
- Considerar formas y desarrollar recomendaciones, de ser posible, para promover el intercambio de información sobre las metodologías y criterios empleados en el establecimiento de las normas nacionales para el manejo racional de las sustancias químicas;
- Incorporar, según corresponda, principios de prevención de la contaminación y enfoques preventivos en la formulación de recomendaciones para la reducción del riesgo asociado con las sustancias tóxicas;

El grupo de trabajo emprende, de acuerdo con la Agenda 21:

- Actividades concertadas para reducir los riesgos de las sustancias químicas tóxicas, tomando en cuenta el ciclo de vida completa de las mismas. Estas actividades podrían abarcar medidas regulatorias y no regulatorias, tales como el fomento del uso de productos y tecnologías más limpias; inventario de emisiones; etiquetado de los productos; limitaciones del uso; incentivos económicos; y la eliminación gradual o la prohibición de sustancias tóxicas que representan un peligro irrazonable y no manejable para el medio ambiente o la salud humana, y las que son tóxicas, persistentes y bioacumulativas, y cuyo uso no puede ser controlado de manera adecuada, y

- Recomendar políticas y medidas regulatorias y no regulatorias para identificar y minimizar la exposición a las sustancias tóxicas sustituyéndolas con otras de menor toxicidad y, por último, eliminar gradualmente los productos químicos que plantean peligros irrazonables y otros riesgos no controlables para la salud humana y para el medio ambiente y las que son tóxicas, persistentes y bioacumulables y cuyo uso no se puede controlar de manera adecuada;
- Coordinar las actividades con grupos de trabajo existentes y con otras organizaciones pertinentes, para evitar la duplicación de esfuerzos y aprovechar su experiencia cuando sea posible, como por ejemplo el Grupo de Trabajo Técnico sobre los Plaguicidas, establecido de conformidad con el Acuerdo de Libre Comercio entre Canadá y Estados Unidos, el Grupo de Trabajo Ad Hoc sobre Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) del Programa Interorganizaciones para el Manejo Racional de las Sustancias Químicas (IOMC), el Foro Intergubernamental sobre Seguridad Química, los Grupos de Trabajo Ad Hoc UNECE/LRTAP sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COPs) y los metales pesados y el Programa de Sustancias Químicas de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE) (16, 17); y
- Fortalecer los compromisos bilaterales y multilaterales existentes relacionados con el manejo racional de las sustancias químicas;
- Alentar y facilitar la participación significativa del público, incluyendo a las organizaciones no gubernamentales, a las empresas y a la industria; así como a los gobiernos provinciales, estatales y municipales, al medio académico y técnico y a los expertos en políticas en la elaboración de sus recomendaciones;
- Recomendar medidas para evaluar los avances efectuados con respecto a los programas de acción emprendidos en virtud de esta resolución;
- Alentar enfoques nacionales complementarios y la programación para el manejo racional de las sustancias químicas, respetando las diferentes circunstancias económicas, políticas y de reglamentación de las partes.

Por último se presento la lista de 12 contaminantes orgánicos persistentes identificados en la decisión 18/32 del Consejo Administrativo del PNUMA en mayo de 1995.

Bifenilos policlorados (PCB's)	Dioxinas	Hexaclorobenceno
Furanos	Aldrin	Toxafeno
Dieldrin	DDT	Mirex
Endrin	Clordano	Heptacloro

CAPÍTULO II

PANORAMA DE LA TECNOLOGÍA AMBIENTAL

II.1 El Estado regulador

La regulación formal limita las libertades de las empresas para contaminar. Esto con el objeto de proteger la salud de los ciudadanos y los activos ambientales de una sociedad. El enfoque tradicional ha considerado al Estado como único agente capaz de inducir cambios en el desempeño ambiental de una industria, esto a través de un régimen regulatorio formal. Bajo este enfoque solo existirían interacciones entre dos agentes: el Estado y la industria.

La regulación formal se ha clasificado en dos grandes grupos: control (soluciones al final del tubo) e instrumentos económicos.

Se entiende por soluciones al final del tubo aquellas que remueven una parte de los contaminantes contenidos en las emisiones, efluentes y residuos industriales antes de que ellos alcancen los cuerpos de agua, suelo o la atmósfera. También llamados tratamientos al final del proceso.

El control está cimentado en la presión de tipo normativo basado en criterios y normas. Si no hay cumplimiento por parte de la industria, se utilizan determinados mecanismos de ejecución de las leyes: penalización, multas o cierres. Entonces, la decisión de una industria de reducir o no su contaminación depende de la diferencia entre los costos de abatimiento y el valor de las multas o los costos de un cierre temporal de la planta.

En un sistema que emplea multas como instrumento económico retributivo, la industria decide entre contaminar y pagar la infracción, o descontaminar y asumir los costos de reducción. La racionalidad de la industria como agente económico es reducir emisiones hasta donde el beneficio marginal y el costo marginal de descontaminar se igualen. Bajo esta premisa, el nivel de reducción alcanzado por la industria solo estaría

determinado por la diferencia en sus costos de abatimiento que a su vez dependen de la tecnología y nivel de producción (18).

II.2 Dilución como solución a la contaminación

Durante el periodo previo al advenimiento de las leyes que controlan la descarga de sustancias químicas al ambiente y la exposición significativa a la gente, no era raro que se descargasen las sustancias directamente al aire, agua o al suelo. Al mismo tiempo, se pensó que la reducción de la concentración de una sustancia en un medio particular sería suficiente para mitigar sus impactos. Esta práctica y el pensamiento antes señalado se resumieron como "la dilución es la solución a la contaminación". Tan absurdo como suena, en una época se adoptó esta filosofía cuando factores como toxicidad crónica, bioacumulación y cancerigenocidad no eran tan bien entendidos como en la actualidad (19).

II.3 Tratamientos de control de la contaminación

A continuación se resumen en forma breve los tratamientos al final de tubo mas comúnmente utilizados para el control de la contaminación de aguas residuales, aire y suelos contaminados (20-25).

Se entiende por tratamiento al conjunto de procesos al que se somete una corriente residual (líquidos, gases o sólidos), con el objeto de reducir o eliminar la carga de contaminantes que acarrea y poder ser descargados al ambiente sin efectos adversos.

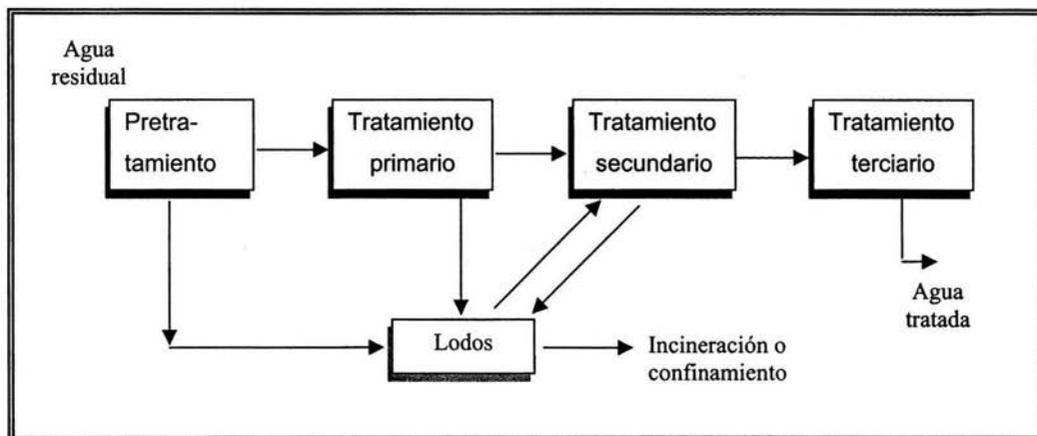
a) Tratamiento del agua residual industrial

El objetivo de cualquier tratamiento es reducir y/ eliminar los componentes definidos como contaminantes molestos o con efectos nocivos para la salud y el ambiente y ajustar la calidad del agua vertida con las especificaciones legales.

La mejor forma de tratar el agua residual depende de una serie de factores: caudal, composición, concentración, calidad requerida del efluente, abundancia de agua, posibilidad de reutilización, posibilidad de descarga a una planta de tratamiento de aguas residuales, etc.

El agua residual de origen doméstico, denominada agua negra o municipal, es rica en materia orgánica biodegradable, mientras que el agua que contiene contaminantes inorgánicos o materia orgánica no biodegradable es más bien de origen industrial. Sin embargo, el agua residual que proviene de la industria de alimentos, pesquera, cervecera, papelera y otras, contienen contaminantes biodegradables. El tratamiento del agua residual que contiene materia orgánica biodegradable se realiza generalmente mediante procesos biológicos. En éste la materia orgánica contaminante se emplea como alimento de microorganismos para descomponer esta materia, de manera que los contaminantes se transforman en otros productos que pueden ser separados más fácilmente del agua. El agua que contiene contaminantes no biodegradables se trata mediante una serie de procesos físicos y químicos.

No obstante lo anterior, para lograr un tratamiento integral se recurre a procesos físicos, químicos y biológicos en una secuencia de etapas. Éstas comprenden un pretratamiento y dos ó tres tratamientos secuenciales. El pretratamiento consiste en un cribado para eliminar los materiales gruesos; el tratamiento primario o físico-químico consiste en la eliminación de sólidos en suspensión, el tratamiento secundario o biológico elimina la materia biodegradable y el tratamiento terciario o avanzado elimina algunos contaminantes que no quedaron retenidos en los tratamientos anteriores e indeseables para el uso final del agua. La Figura II.1 muestra las etapas de un tratamiento completo de agua residual industrial con exigencia de alta calidad.



Fuente: Elaboración propia

Figura II.1 Tratamiento de agua residual

1. Pretratamiento

El primer paso para la depuración del agua residual es la eliminación de cuerpos sólidos o materias grasas para evitar su interferencia en los procesos que se utilizan en las etapas posteriores. El pretratamiento consta de los siguientes procesos físicos que se aplican según la naturaleza del agua residual.

Cribado, se aplica cuando el agua residual arrastra materiales excesivamente gruesos. Se realiza por medio de rejillas o mallas; éstas pueden ser gruesas, con una separación libre entre barras de 5 a 15 cm que se disponen al comienzo del cribado, y finas con una separación de 1.5 a 5 cm, que retienen la mayor parte de los sólidos que no pueden eliminarse por sedimentación.

Tamizado, separa los residuos sólidos cuyo volumen es superior a una separación de 1 mm entre las barras del tamiz. Comúnmente se emplean tamices estáticos o rotatorios que sean autolimpiables.

Desarenado, elimina la arena y partículas minerales más o menos finas con el fin de evitar que se produzcan sedimentos en los canales del pretratamiento, lo que provoca deterioro de los equipos. Los desarenadores longitudinales, de fácil construcción y

utilizados para el agua residual de origen industrial, consiste en un canal de poca profundidad cuya velocidad de flujo horizontal es del orden de 0.3 m/s, velocidad que arrastra la mayoría de las partículas orgánicas a través del tanque, y permite sedimentar arena, la cual es más pesada.

Desengrasado, separa el aceite, la grasa y los compuestos menos densos que el agua. Se realiza por flotación de dicha materia por medio de aire disuelto. Suele realizarse conjuntamente en el desarenado. La flotación con aire disuelto (FAD) consiste en la inyección de aire a presión, el cual por expansión produce microburbujas sobre las cuales se adhiere el material graso, formándose un agregado graso-microburbuja que, siendo menos denso, asciende a la superficie.

2. Tratamiento primario

El objetivo de esta etapa de tratamiento es la reducción de los sólidos en suspensión presentes en el agua residual. Dichos sólidos estarán constituidos en parte por materia orgánica, por lo que durante esta etapa suele producirse una reducción de la demanda de oxígeno.

El agua residual urbana de origen doméstico presenta impurezas orgánicas y otras impurezas cuya naturaleza y concentración son bastante similares de una ciudad a otra, por lo que el tipo de tratamiento es análogo. Sin embargo, los efluentes industriales son muy diversos y su naturaleza depende del tipo de industria que los genera, por lo que es necesario realizar previamente estudios de tratabilidad de éstos, para conocer el procedimiento de eliminación de los contaminantes y hacer una descarga dentro del límite permitido de materia orgánica e inorgánica a los cuerpos receptores. Estos estudios consisten en determinar, a nivel de laboratorio, el proceso a las condiciones más adecuadas para tratar un efluente, el que normalmente se ensaya poniendo muestras de éste con reactivos específicos en vasos de precipitado, que se agitan a una velocidad común durante un tiempo determinado. Las variables que se estudian en estos análisis son, entre otras, la separación de sólidos suspendidos y la reducción de la demanda química de oxígeno (DQO, medida de la concentración de sustancias que en agua pueden ser atacadas por oxidantes fuertes).

Conocido el procedimiento y las condiciones de operación más apropiadas, se somete el efluente a procesos de coagulación-floculación, decantación, flotación y neutralización, según sea la naturaleza de los contaminantes y las exigencias de calidad.

Los floculantes se conocen también como ayudantes de coagulación y su función es favorecer este proceso ya sea por aumento de la velocidad de floculación o por un aumento de tamaño del flóculo. Se pueden clasificar en floculantes naturales y sintéticos. Ejemplos de los primeros son: el almidón, las colas, gelatinas, gomas, alginatos y taninos. Actúan fundamentalmente por enlace de hidrógeno. Los floculantes sintéticos son polímeros de elevado peso molecular, solubles en agua, que poseen a lo largo de sus cadenas grupos atómicos con gran afinidad por las superficies sólidas. Se clasifican en tres clases:

- Floculantes no-iónicos, como la poliacrilamida
- Floculantes iónicos, son polielectrolitos que presentan grupos iónicos o grupos ionizables. La carga de estos polímeros en solución depende del grado de ionización y del pH. Pueden ser aniónicos como el grupo carboxilato ($-\text{COO}^-$) o catiónicos que poseen el grupo amonio (R_3^+N)
- Floculantes copoliméricos, se obtienen por reacciones de polimerización de dos monómeros. Ejemplos son los copolímeros de estireno-ácido maléico y ácido acrílico-ácido maléico

La decantación es la separación, por la acción de la gravedad, de sólidos en suspensión cuyas partículas son más pesadas que el agua. Es una de las operaciones más empleadas en el tratamiento de aguas residuales. Se emplea para la eliminación de arenas, flóculos formados en procesos de coagulación-floculación u originados en procesos biológicos. Se emplean equipos estáticos, en los cuales la decantación se realiza sin recirculación de lodos o decantadores dinámicos en los cuales existe recirculación de lodos preformados.

La *flotación con aire* se utiliza cuando se trata de eliminar sólidos en suspensión con una densidad próxima a la del agua o eliminar aceites y grasas. Este tratamiento consiste en formar burbujas en el agua residual sobre las cuales se fijan las partículas haciéndolas flotar a la superficie, desde la cual se retiran. La principal ventaja de la flotación respecto de la decantación es que la flotación requiere menos tiempo y costo energético además de permitir una mayor carga de sólidos en el agua residual. Se realiza sometiendo el líquido a depurar a una presión de 3 a 4 kg/cm² con aire hasta lograr una saturación. Luego, el agua saturada con aire a esa presión se envía a un estanque o columna donde se realiza la flotación, formándose en la masa líquida una gran cantidad de microburbujas que se fijan sobre las partículas a eliminar, permitiendo, que asciendan a la superficie.

La *neutralización*, se utiliza en ocasiones cuando los efluentes requieren ajustar su pH antes de su descarga para cumplir con la normatividad o previo a un tratamiento biológico. En estos casos, los reactivos más utilizados son: la sosa cáustica, la cal, la caliza y el ácido sulfúrico como reguladores del pH.

3. *Tratamiento secundario*

El tratamiento secundario o biológico consiste en la eliminación de los contaminantes biodegradables del agua mediante microorganismos, para los cuales estos contaminantes constituyen el alimento. El espacio donde se realiza este tratamiento se denomina reactor biológico, en el que se deben mantener las condiciones ambientales adecuadas para permitir el desarrollo óptimo de dichos microorganismos. De manera esquemática, los procesos biológicos que se utilizan en el tratamiento del agua residual se pueden clasificar en aeróbicos y anaeróbicos. Los procesos aeróbicos demandan oxígeno para el desarrollo de microorganismos, mientras que en los procesos anaeróbicos no.

Como consecuencia del consumo por los microorganismos (aeróbicos o anaeróbicos) de los contaminantes orgánicos y nutrientes del efluente se genera una biomasa que constituye un lodo o fango. Dentro de los subproductos típicos de la degradación aeróbica se encuentra el CO₂, en tanto que en la anaeróbica es el CH₄. El balance

energético de un proceso aeróbico implica un consumo de energía, mientras que en uno anaeróbico se genera energía.

Para efluentes biodegradables de mediana y alta concentración en materia orgánica, superior a 5 g/L en DQO, el tratamiento anaeróbico ofrece claras ventajas económicas sobre el aeróbico. Sin embargo, este último es preferido actualmente porque se sabe más sobre él, dado que su tecnología está más probada.

4. Tratamiento terciario

Se aplica para la eliminación de contaminantes que no fueron eliminados en los tratamientos primario y secundario. Los objetivos que se persiguen en el tratamiento terciario o avanzado son:

1. la desinfección para eliminar gérmenes patógenos y parásitos,
2. la eliminación del color y de los detergentes,
3. la eliminación de fosfatos para combatir la eutrofización de los cuerpos receptores,
4. la eliminación total o parcial de compuestos nitrogenados tales como: amoníaco, nitratos y nitritos,
5. la reducción del contenido de materias en suspensión, en solución y de carga orgánica.

b) Tratamiento de emisiones a la atmósfera

Cronológicamente, el primer medio empleado para el control de emisiones al aire fue aprovechar la dilución de los contaminantes en el aire para evitar la acumulación de éstos en una zona determinada.

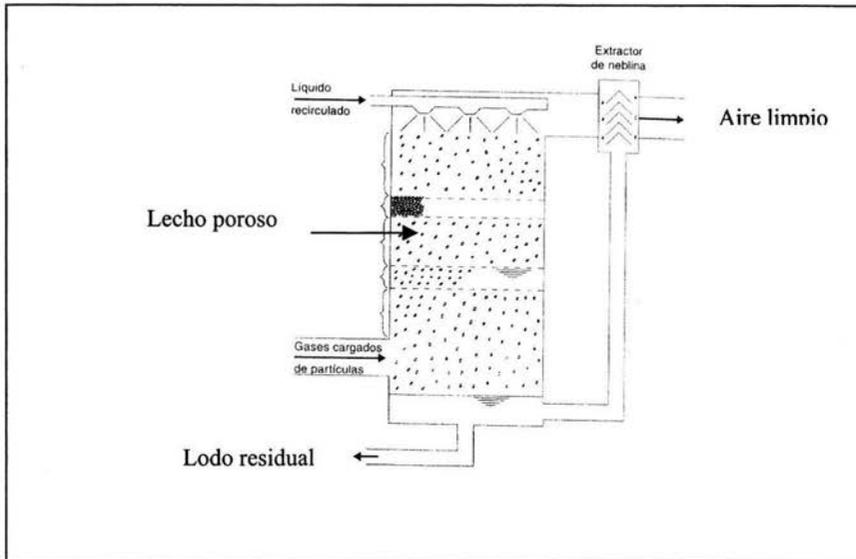
Esta técnica depende de las condiciones meteorológicas (parámetros de difusión), de la topografía, la altura, la temperatura y la velocidad de los gases. Siendo de gran importancia la altura de las chimeneas y la ubicación de la planta generadora.

Afortunadamente, quedó demostrado que es una solución a corto plazo y local, que sirve solamente para trasladar el problema a lugares alejados de las fuentes de emisión, por lo que es necesario recurrir a los sistemas de control de emisiones contaminantes.

Para reducir los contaminantes es preciso evitar o disminuir el uso de combustibles con impurezas generadores de éstos, tales como combustibles con alto contenido de compuestos de azufre. Esto supone una contaminación atmosférica importante cuando se emplean en calderas industriales, aun cuando éstas operen en forma óptima.

El tratamiento de gases contaminantes que se desprenden en los procesos industriales y que no implican combustión, se puede lograr por disolución, absorción o mediante reacción química. El material particulado (partículas) se elimina mediante equipos retenedores.

Los equipos más utilizados para el tratamiento de gases son *los lavadores*, en cuyo interior los contaminantes se retienen con una corriente de agua obteniendo un lodo residual, el material particulado es retenido por una acción física. Los lavadores más comunes son los de torre empacada que poseen una configuración cilíndrica, como el que se describe en la Figura II.2.



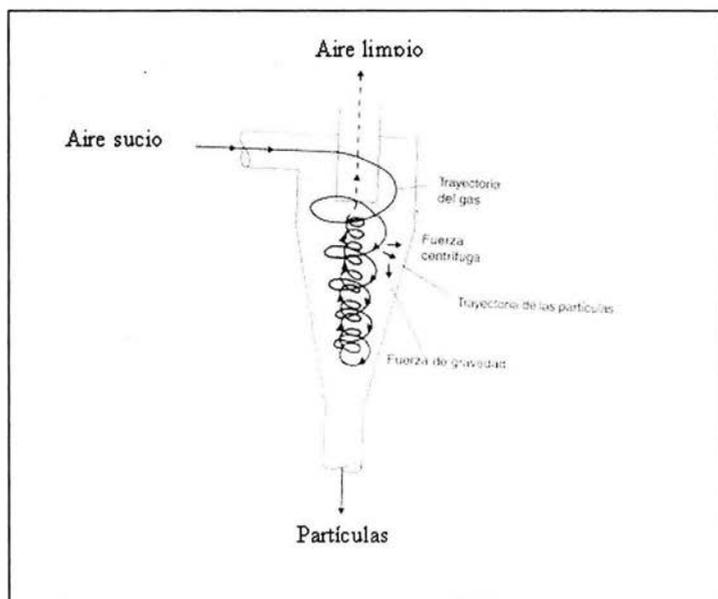
Fuente: MAPFRE, Manual de Contaminación Ambiental

Figura II.2 Lavador de gases de torre empacada

Los gases pasan a través de un lecho constituido por un material granulado o fibroso, que aumenta la superficie de contacto gas-líquido, en contracorriente al líquido lavador que cae en forma de lluvia. El material del lecho poroso puede ser de cerámica, polipropileno u otros, cuya forma y profundidad condicionan la eficiencia y los costos. Muchos gases se neutralizan con bases o se oxidan con reactivos adecuados. Un reactivo apropiado y barato es la solución de hipoclorito de sodio, porque es alcalino y oxidante a la vez.

El tratamiento del material particulado depende de su naturaleza, pero principalmente de su tamaño. Las partículas de 0,001 a 10 micrómetros (μm) se suelen tratar en lavadores y las de 10-500 μm en ciclones. *Los ciclones*, que son los colectores más usados, operan por el principio de separación centrífuga. En un ciclón de forma cilindro-cónica la mezcla aire-polvo entra tangencialmente por su parte superior, desplazándose hacia abajo en espiral. Las partículas, que poseen mayor fuerza

centrífuga, se acumulan en las paredes y por ellas descenden. En la parte inferior cónica el aire se separa de las partículas y asciende en una espiral más pequeña para salir por arriba, como se muestra en la figura II.3. Los ciclones en general, son equipos que se pueden construir con material refractario en su interior, por lo que pueden trabajar hasta 950°C.



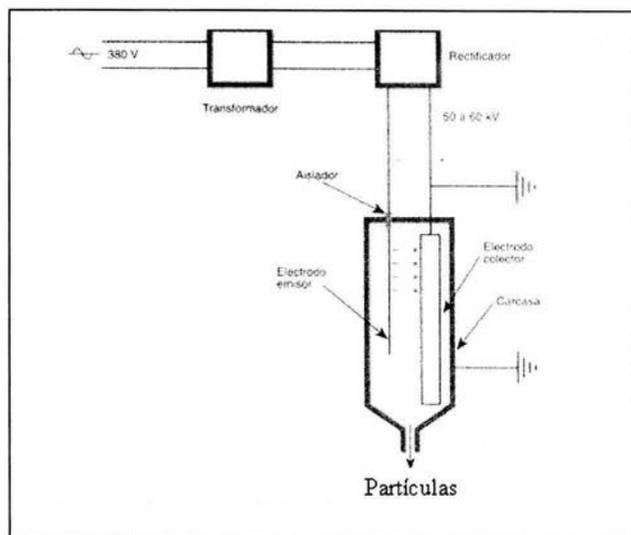
Fuente: MAPFRE, Manual de Contaminación Ambiental

Figura II.3 Ciclón separador de partículas

Otros equipos más eficientes para el tratamiento del material particulado son los *precipitadores electrostáticos* (figura II.4) y los filtros de mangas (figura II.5).

Los precipitadores electrostáticos, son colectores que capturan las partículas que previamente han adquirido carga electrostática. Para ello se hace pasar la corriente gaseosa, que contiene el material particulado, a través de un campo electromagnético que atrae al polvo. Éste se deposita en los electrodos que generan dicho campo, mientras que el gas sigue su trayectoria. Al contrario de otras técnicas la eficiencia del

precipitador aumenta con la disminución del tamaño de partícula, pero su operación depende fuertemente de la resistencia eléctrica de las partículas.

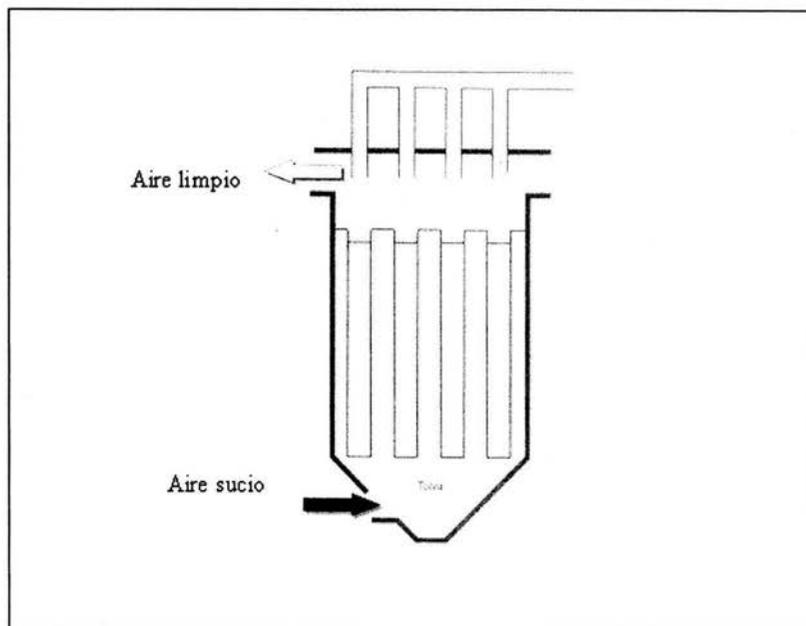


Fuente: MAPFRE, Manual de Contaminación Ambiental

Figura II.4 Precipitador electrostático

Los *filtros de mangas* son equipos constituidos usualmente por una colección de tubos a través de los cuales circula el polvo que se captura mediante filtros de bolsas. El sólido retenido se remueve periódicamente por agitación mecánica, flujo invertido o con aire a presión, tamaño mínimo de partículas es >1 micrómetros (μm).

Aparte de los contaminantes atmosféricos que provienen de la combustión en fuentes fijas, existen otros contaminantes que dan lugar a olores desagradables, los que se generan en muchas instalaciones industriales. Estos olores, aunque no correspondan a compuestos dañinos, tienen un impacto negativo en la comunidad situada en torno a dichas instalaciones, siendo necesario eliminarlos o reducirlos.



Fuente: MAPFRE, Manual de Contaminación Ambiental

Figura II.5 Filtro de mangas

c) Tratamiento de residuos peligrosos

El proceso mediante el cual un residuo se transforma de peligroso a no peligroso es denominado *Tratamiento*. El objetivo de las tecnologías de tratamiento de residuos es el modificar las propiedades fisicoquímicas que lo hacen peligroso, así como reducir su volumen. La selección del tratamiento más apropiado para un residuo dado, depende de muchos factores, incluyendo dentro de los principales: las características químicas y físicas del residuo, si es una mezcla de residuos, las normas de seguridad para manejarlo, los límites normados y finalmente los costos asociados al tratamiento.

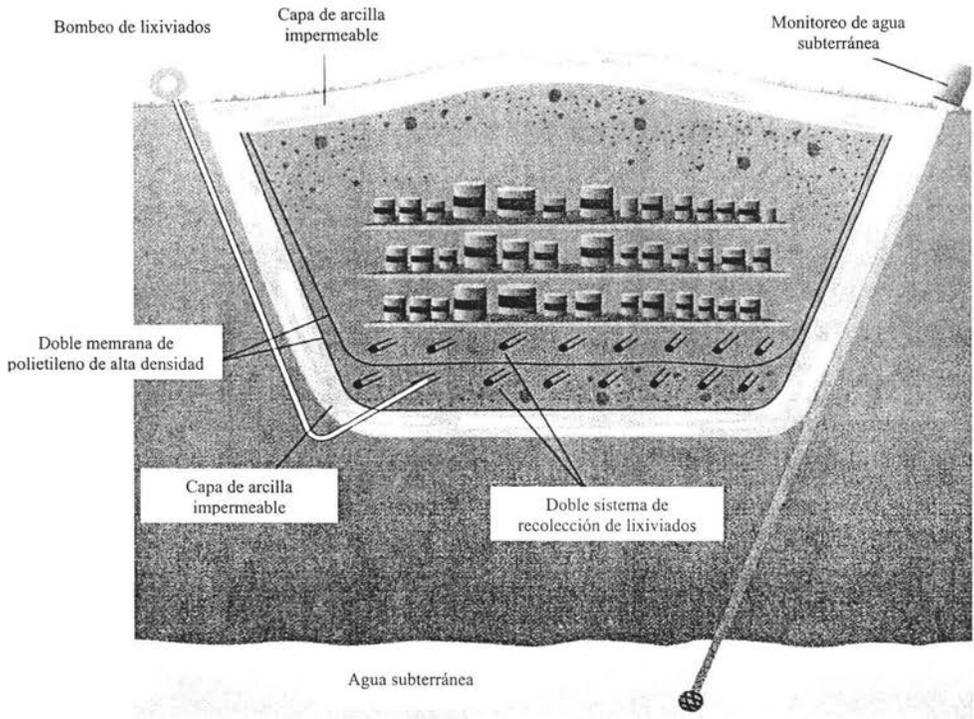
Los diferentes tratamientos de residuos pueden ser agrupados de acuerdo con los principios físicos de separación de las sustancias y por la transformación química de las sustancias, como se muestra en la tabla II.1.

Tabla II.1 Tipo de tratamientos de residuos peligrosos

Principio del tratamiento	Tratamientos	
Físico	Sedimentación Centrifugación Floculación Flotación Evaporación Destilación Extracción	Filtración Adsorción Intercambio iónico Osmosis inversa Electro-díalisis Estabilización y solidificación
Químico	Neutralización / precipitación Ozonización Oxidación electrolítica	
Biológico	Lodos activados Bio-regeneración Tratamiento anaeróbico Tratamiento aeróbico	
Térmico	Tratamiento térmico infrarrojo Oxidación catalítica Degasificación o pirolisis Proceso de reducción química en fase gaseosa.	Hidrogenación Horno de plasma centrifugo Proceso de vidrio-fundido (Molten-Glass Process) Oxidación húmeda

Fuente: PUMA, Gestión de residuos Peligrosos

El confinamiento controlado (Figura II.6) de los residuos peligrosos no está considerado como un tratamiento ya que no garantiza la eliminación del residuo, solo lo almacena y lo aísla previamente estabilizado y asegura la protección al ambiente. A corto plazo, es una estrategia de manejo técnica y económicamente poco recomendable.



Fuente: PUMA, Gestión de Residuos Peligrosos

Figura II.6 Celda de confinamiento controlado

II.4 Resumen de ventajas y desventajas de los tratamientos y equipos de control de la contaminación

a) *Tratamiento de aguas residuales*

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Biológico</p> <p>Anaerobio</p>	<p>Buena reducción de 40% a 60% de SSV</p> <p>Los costos de operación pueden ser bajos si se utiliza el gas metano</p> <p>Amplia aplicación</p> <p>Los sólidos obtenidos son apropiados para uso agrícola</p> <p>Buena reducción de la masa total</p> <p>Bajos requerimientos netos de energía</p>	<p>Requiere que los operadores sean experimentados</p> <p>Pueden formarse espumas</p> <p>Los organismos metanogénicos pueden crear lentamente "digestores ácidos"</p> <p>Se recupera lentamente después de un colapso</p> <p>Sobrenadante con alto contenido de DQO, DBO, SST, y amoníaco</p> <p>La limpieza es difícil</p> <p>Puede generar olores desagradables.</p> <p>Alto costo inicial</p> <p>Potencial incrustación de minerales</p> <p>Medidas de seguridad por la producción de gas inflamable</p>
<p>Aerobio</p>	<p>Bajo costo inicial, particularmente para plantas pequeñas</p> <p>El sobrenadante es de mejor calidad que en un proceso anaeróbico</p> <p>Control operacional simple</p> <p>Amplia aplicación</p> <p>Bajo potencial de producción de olores con diseño y operación apropiados</p> <p>Reduce la masa total</p>	<p>Alto costo de energía</p> <p>Generalmente, menor reducción de SSV que en un proceso anaeróbico</p> <p>pH y alcalinidad reducidos</p> <p>Se puede formar espumas</p> <p>Potencialmente dispersión de patógenos por formación de aerosoles</p> <p>El lodo es típicamente difícil de desaguar mecánicamente</p> <p>Las bajas temperaturas afectan adversamente la eficiencia</p>

PROCESO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Físicos	Los equipos de depuración física son de alta eficiencia, consumo moderado de energía y mantenimiento	Requieren de mantenimiento preventivo, genera lodos residuales Separa solo partículas suspendidas, sedimentables y de alta masa
Estabilización con cal.	Bajo costo Fácil operación Bueno como método emergente de estabilización	El lodo es apropiado, principalmente, para aplicación en suelos ácidos Incrementa la masa de sólidos

SSV (sólidos suspendidos volátiles), DQO (demanda química de oxígeno), DBO (demanda bioquímica de oxígeno), SST (sólidos suspendidos totales)

b) Equipos de control de emisiones a la atmósfera

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Sedimentador por gravedad	Pérdida de carga baja Diseño y mantenimiento sencillos	Requiere mucho espacio Baja eficiencia
Ciclón	Diseño y mantenimiento sencillos Ocupan poco espacio Requiere de un sistema de disposición de los polvos colectados en continuo Pérdida de carga de media a baja Maneja partículas grandes Capacidad para aceptar cargas elevadas. Independencia de temperatura	Se requiere una instalación elevada Eficiencia de colección baja para partículas pequeñas Sensible a las variaciones de la concentración influente y a las variaciones del gasto

EQUIPO	VENTAJAS	DESVENTAJAS
<p>Colectores húmedos Lavadores Ciclónico Venturi</p>	<p>Absorción simultánea de gases y remoción de partículas Disponibilidad para enfriar mezcla de gases Se recuperan gases y nieblas corrosivos para neutralizarlos Reducen el riesgo de explosión de polvos Eficiencia variable</p>	<p>Problemas de corrosión Necesidad de tratar el agua Baja eficiencia para partículas inferiores a 1 μm Contaminación del efluente por arrastre del líquido Problemas de congelación en climas fríos Disminuye la capacidad de elevación de la pluma El vapor de agua contribuye a la visibilidad de la pluma en condiciones ambientales específicas</p>
<p>Precipitador electrostático</p>	<p>Posibilidad de obtener una eficiencia superior a 99% Colecta partículas muy pequeñas La colección se puede realizar en seco o húmedo Para la eficiencia obtenida la pérdida de carga y los requerimientos energéticos son relativamente bajos Pocas partes móviles Mantenimiento moderado si no se trata de polvos corrosivos o adherentes Puede operar a temperaturas elevadas (350° a 400°C)</p>	<p>Costo de instalación elevado Sensibles a la variación de la concentración influente y del gasto Materiales con alta resistividad no son económicamente tratables. Peligro por alto voltaje El rendimiento disminuye gradual e imperceptiblemente</p>
<p>Filtros</p>	<p>Posibilidad de colectar en seco El decremento en la eficiencia es notorio Retención de partículas muy pequeñas Posibilidad de tener buenas eficiencias</p>	<p>Sensible a la velocidad de filtración Temperatura de operación de 100°C a 450°C Sensible a la humedad Susceptibles de deterioro químico</p>

c) Tratamiento de residuos peligrosos

Proceso	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Incineración	Reduce los residuos a una fracción mínima muy estable Los gases de descarga pueden ser controlados Requieren áreas pequeñas El calor generado se puede recuperar	Algunos residuos requieren de algún combustible o de catalizadores para completar la destrucción térmica No elimina completamente los residuos
Pirólisis	Se obtienen productos muy reducidos La fracción gaseosa producida tiene un elevado contenido calórico (26 MJ/kg)	En investigación y desarrollo No elimina completamente los residuos
Hidrogenación catalítica	Sirven para recuperar energía, se pueden producir hasta 300 L de aceites combustibles ligeros/tonelada de residuos	En investigación y desarrollo Se produce entre 350° y 400°C y presiones superiores a 300 atm. Solo para productos insaturados.
Oxidación húmeda	De importancia económica por la producción de ácidos orgánicos comerciales como ácido acético, fórmico y oxálico Elevada factibilidad de aplicación en México por la elevada incidencia de materiales orgánicos en los residuos	En plena fase de investigación y desarrollo Se realiza entre 200° y 320°C en presencia de oxidantes
Hidrólisis	Gran interés comercial por la producción de alcohol y otros compuestos.	El costo del tratamiento es elevado, se requiere infraestructura y equipos complejos. Solo aplicable a ciertos productos

Proceso	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Neutralización	Trata ácidos y bases fuertes	Requiere de químicos para llevar a cabo el proceso de neutralización
Degasificación	Reduce el volumen de los residuos sólidos Recupera energía a partir de los residuos generando un gas con altos contenidos H ₂ , CH ₄ y otros hidrocarburos saturados	Genera un gas con altos contenidos de CO

Fuente: Elaboración propia de varias fuentes

II.5 Respuesta de la Industria

Cuando una industria se encuentra ante una exigencia en materia ambiental tiene varias alternativas. Podría no hacer nada y atenerse al pago de multas, cierres etc., o podría tratar de esconderse. Estas estrategias pueden acompañarse con el pago de sobornos a los funcionarios del gobierno y a las comunidades vecinas. Sin embargo, en todo caso ellas implican costos y estos aumentan en la medida en que el Estado, la comunidad y los mercados ganan legitimidad y poder en el control de la contaminación.

Las empresas han comenzado a hacer inversiones para mejorar su desempeño ambiental y reducir sus niveles de contaminación. Algunas inversiones han sido dirigidas hacia la implementación de soluciones al final del tubo, o hacia la reconversión y el mejoramiento de los procesos industriales.

Las industrias contaminantes podrían optar por instalar equipos de control de la contaminación al final del tubo. Estas soluciones podrían ser menos costosas que

tratar de esconderse, perder mercados, emigrar o sobornar funcionarios y comunidades. Ahora bien, dado que, en esencia, la contaminación no es más que la imposibilidad de transformar todos los insumos en bienes o productos, entonces la industria debe optar por revisar y modificar su proceso industrial para aumentar su eficiencia productiva y prevenir así la producción de contaminantes. La reconversión de los procesos industriales incluye, entre otras, la utilización de nuevos insumos, la reutilización de subproductos, y el desarrollo de cambios en los procesos de transformación.

Finalmente, ante las presiones generadas para el cumplimiento de estándares ambientales, la industria podría optar por la adopción de Sistemas de Gestión Ambiental ó Sistemas de Estandarización de Procesos. La UNEP (United Nations Environmental Programme) define un Sistema de Gestión Ambiental como un proceso de mejoramiento ambiental que se basa en un ciclo de mejoramiento continuo, Hacer-Planear-Actuar-Verificar. Estos sistemas pueden generarse al interior de las propias empresas, o pueden ser desarrollados por organismos internacionales como la ISO (International Standar Organization), Responsible Care (Programa de Responsabilidad Integral). Muchos autores encuentran evidencia en la industria mexicana, que las plantas que instituyen sistemas de manejo ambiental como ISO 14001 presentan superior desempeño ambiental (26, 27).

II.5.1 Niveles de desarrollo para alcanzar excelencia en desempeño ambiental

Durante los últimos 30 años la gerencia ambiental ha sido implementada bajo diferentes perspectivas y desde diversos enfoques desde un punto de vista puramente ambientalista, pero recientemente se ha relacionado su importancia con el desarrollo económico y social. De esta manera las empresas, que primero formularon soluciones reactivas de cumplimiento o tratamiento, buscan ahora ventajas a través de estrategias de prevención y desarrollo de productos sostenibles.

En la industria existe una gran diferencia en el nivel de desarrollo de las distintas empresas y sectores. En el caso de la gestión ambiental, en la industria se pueden identificar diferentes niveles o estados de desarrollo, de acuerdo a la figura II.7.

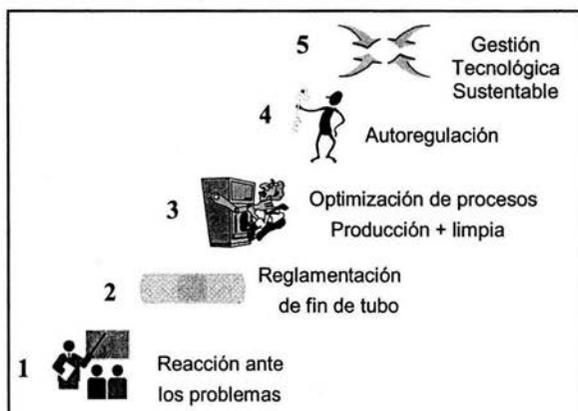


Figura II.7 Niveles en el desarrollo de la Gestión Ambiental

En la **fase 1**, *Reacción ante los problemas*, las compañías adoptan un enfoque de respuesta con respecto a los problemas medioambientales, y ven el cumplimiento de las normas como una multa para la marcha de sus negocios. Gran parte del sector productivo en México se encuentra en esta fase y mucho es consecuencia de que en su mayoría la industria está formada por las medianas y pequeñas empresas (PYMES). Este tipo de empresa se caracteriza por un alto nivel de informalidad, lo que dificulta a las entidades gubernamentales el control y la promoción de la gestión ambiental. Además, este tipo de empresas están enfocadas en el mercado nacional en donde se compite básicamente por precio.

En la **fase 2**, *Control de la contaminación*, en este punto las empresas buscan cumplir la reglamentación, que desde su inicio esta enfocada principalmente al control de las fuentes de contaminación, para lo cual se implementan soluciones de fin de tubo, como por ejemplo:

- La regulación de aguas residuales con base en el tratamiento primario de las descargas de todas las industrias (con la subsecuente generación de lodos conteniendo sustancias tóxicas que los convierten en residuos peligrosos).
- Las emisiones atmosféricas de la industria con base en el comando y control (lo cual conlleva la generación de filtros y polvos contaminados con sustancias tóxicas que, a su vez, los transforman en residuos peligrosos).

En la **fase 3**, *Optimización de procesos*, las empresas comenzaron a tener una mayor visión de futuro y adoptaron la gestión de riesgos como un método racional para equilibrar las responsabilidades ambientales futuras con los costos. En esta fase se encuentran las empresas que se iniciaron en los programas de Producción más Limpia, la cual se ha enfocado en los siguientes aspectos:

- Control de consumo de agua, energía y materia prima
- Sustituir disolventes por agua (tintas, adhesivos, pinturas base de agua)
- Evitar el uso de ácidos y de metales pesados
- Aprovechamiento de residuos
- Reciclaje interno del agua empleada en el proceso
- Separación de empaques obsoletos
- Usar materiales reciclados

La Producción más Limpia, aunque es un intento, no alcanzar completamente el objetivo general del desarrollo sustentable. Igual que su sinónimo eco-eficiencia, Producción más Limpia se define como una estrategia ambiental preventiva.

La **fase 4**, *Autoregulación*, incluye compañías que han reconocido que la prevención de la contaminación es más rentable que el control de ésta, y están buscando oportunidades para ser ambientalmente eficientes a través de estándares internacionales certificados como ISO y Responsible Care para la minimización de residuos, reducción en el origen y otros métodos. Multinacionales como 3M, BASF,

Procter & Gamble y DuPONT han trabajado bajo este enfoque obteniendo buenos resultados.

La **fase 5**, *Gestión tecnológica sustentable*, comprende como estrategia el nivel más avanzado que las compañías adoptan para alcanzar la calidad ambiental como una de las dimensiones de calidad total y que, por tanto, se debe gestionar de forma integral enfocada hacia procesos productivos, productos y servicios, a fin de reducir costos, incentivar el cambio tecnológico y las innovaciones.

La sustentabilidad se ve reflejada en el nivel de la competitividad empresarial, y depende del equilibrio de tres variables: Manejo adecuado de recursos, manejo social de los empleados y la comunidad, y el desarrollo económico de la empresa. El manejo entre estas variables se logrará a través de un proceso de mejoramiento continuo buscando garantizar un mejor valor agregado para las partes interesadas ("stakeholders") presentes y futuras y contribuyendo al equilibrio entre los tres elementos principales del desarrollo sustentable como objetivo universal.

Es cuestionable que en la actualidad exista alguna compañía que haya llegado realmente a esta fase. Sin embargo, muchas de las compañías más preactivas de la fase 4, ya han fijado esta idea como su objetivo final, una vez que la alta dirección haya reconocido que la excelencia en Gestión Tecnológica Sustentable es esencial para adquirir ventajas competitivas y de rentabilidad.

Como estrategia, la Gestión Tecnológica Sustentable puede tener aplicación en diferentes niveles de una misma industria involucrando desde su misión hasta sus diferentes estrategias, sistemas, componentes, materiales y procesos. Sus alcances abarcan aspectos internos en toda la cadena productiva; y aspectos externos como las políticas macroeconómicas y ambientales, aspectos financieros, la presión de la comunidad, la demanda en el mercado por productos sustentables, y el acceso a tecnología innovadoras.

II.5.2 La Gestión Tecnológica Sustentable, de la cadena productiva total de la empresa, como oportunidad para alcanzar la Mejora Tecnológica Continua y la Innovación Tecnológica de excelencia (28)

Uno de los aspectos principales de la aplicación de la Gestión Tecnológica es visualizar a la empresa sustentable desde un enfoque sistémico, integrada por toda su cadena productiva, es decir sistemas dentro de sistemas. La cadena productiva posee entre sus componentes (o subsistemas) los diversos procesos productivos del establecimiento industrial, en los cuales se desarrolla la producción. Desde esta óptica es posible examinar el desempeño de cada subsistema, primeramente para identificar ineficiencias y posteriormente oportunidades no exploradas de mejora, y como resultado propiciar la prospección tecnológica.

Dentro de los subsistemas clave de una cadena productiva total, podemos identificar los siguientes:

1. Abastecimiento de materias primas

Uno de los elementos principales de la aplicación de las estrategias preventivas son las técnicas de uso eficiente de insumos como son la energía, agua y materia prima. El consumo de los insumos y el manejo de residuos en procesos industriales representan costos significativos para la empresa. Por otro lado el uso ineficiente de insumos en los procesos industriales son fuentes de contaminación, especialmente aquellos que utilicen tecnología rudimentaria. Aunque que el uso de los insumos y el manejo de residuos es distinto por todos los diferentes procesos industriales y depende fuertemente del nivel tecnológico de la maquinaria instalada, se puede identificar técnicas comunes desde cambios en procedimientos de trabajo como son la Gestión de los proveedores y la instalación de instrumentos de medición hasta modificaciones de la tecnología para aumentar la eficiencia del proceso y la cambio de tecnología instalada. De tal manera que se propicie la implementación de un plan de Mejora Tecnológica Continua de los procesos de producción como alternativa atractiva para las empresas con visión integradora de la eficiencia total, el valor agregado de las cadenas productivas y comerciales y la mejora continua.

2. Proceso productivo

Esta fase del ciclo productivo es crítica, pues tiene un impacto directo en la calidad y costo del producto, que a su vez repercute decisivamente en la competitividad y sustentabilidad de la empresa.

En esta etapa, se proponen medidas que planea y coordina la operación productiva, mediante el desarrollo de procedimientos de monitoreo de todas las etapas del proceso, sistemas de control de calidad, optimización de la capacidad instalada, programas de mantenimiento y calibración de equipos y maquinaria, así como capacitación del personal, identificando en cada operación oportunidades de mejora tecnológica.

3. Empaque, embalaje y almacenamiento

En esta etapa, se consideran medidas para optimizar el sistema de almacenamiento de materias primas e insumos, para evitar que éstos se contaminen, con su consecuente pérdida innecesaria.

Esta etapa, a diferencia de las demás ofrece una magnífica oportunidad de innovación para las empresas, las mejoras tecnológicas que en materia de empaque y embalaje se han desarrollado representan ventajas competitivas y de productividad.

4. Comercialización y venta

Esta etapa analiza las condiciones que afectan la negociación con los clientes y proveedores, y permite la identificación de métodos para optimizar y facilitar este proceso.

5. Manejo de residuos

Esta última fase tiene relación con la gestión de los residuos generados a lo largo del proceso productivo. Contrariamente a lo que se piensa, la generación y disposición de residuos no debe verse como un costo más, sino como una pérdida directa de la

eficiencia del proceso y un mal aprovechamiento de las materias primas, lo que provoca una disminución en la competitividad de la empresa.

Contemplar la minimización y aprovechamiento de los residuos, permite generar costos de oportunidad asociados, que pueden convertirse en beneficios económicos, ambientales y estratégicos a corto plazo, logrando un mejor posicionamiento en el mercado.

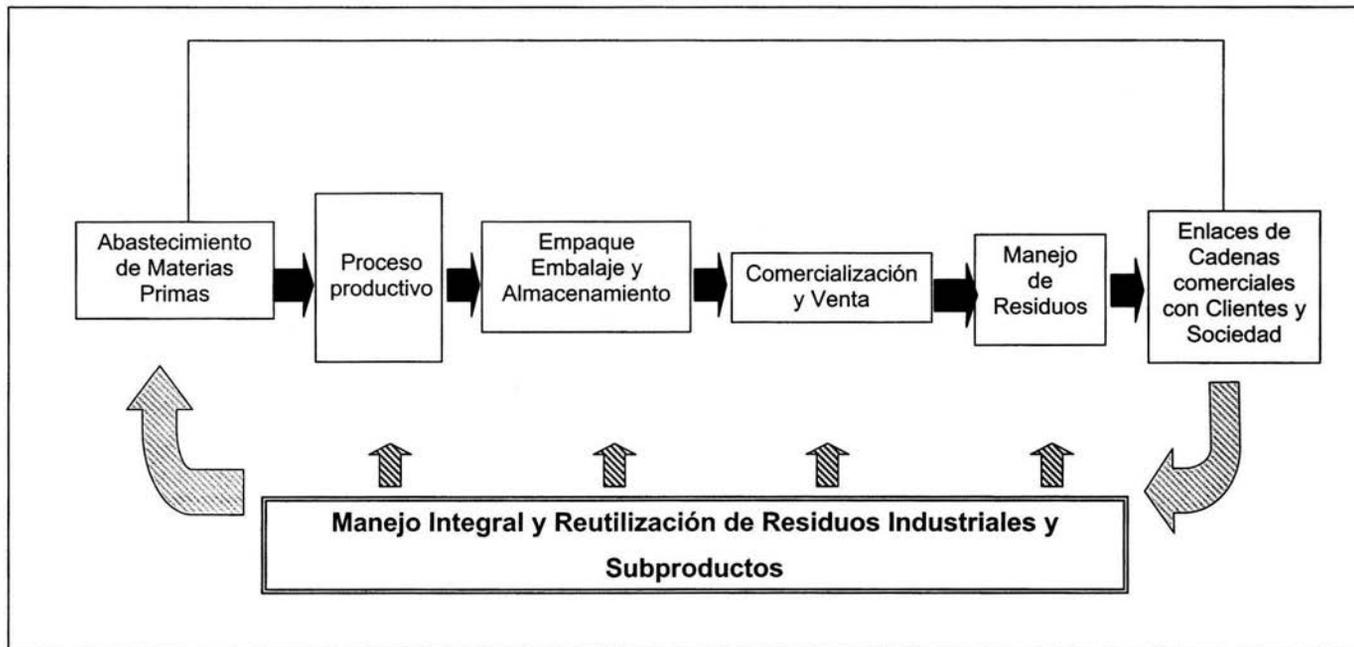
En la figura II.8 se muestran la cadena productiva total de un establecimiento industrial.

La Mejora Tecnológica Continua identifica una serie de beneficios para los establecimientos industriales que con visión innovadora se introduzcan es este concepto, tales como:

- Disminuye las inversiones en sistemas de control al final del proceso
- Disminuir costos por sanciones
- Mejora la competitividad
- Garantizar la continuidad de la actividad productiva
- Mejora la eficiencia en los procesos productivos, en los productos y en los servicios
- Impulsa el desarrollo tecnológico y la innovación
- Ayuda a la anticipación de la normatividad ambiental
- Mejorar la imagen pública

Desde el punto de vista ambiental la Gestión Tecnológica Sustentable como soporte de la Mejora Tecnológica Continua orientada a la innovación tecnológica soluciona el problema de desechos y emisiones en la fuente, elimina los sistemas convencionales de tratamiento de "final de tubo", que terminan en la mayoría de los casos trasladando los contaminantes de un medio ambiental a otro. Finalmente cuando una empresa se convence de los beneficios de la mejora tecnológica continua, se propicia la innovación tecnológica como el nivel mas avanzado de la Gestión Tecnológica Sustentable.

Figura II.8 Gestión Tecnológica Sustentable de la Cadena Productiva Total del establecimiento Industrial



Fuente: Estrada Orihuela S., Diagnóstico Tecnológico Integral para impulsar la mejora tecnológica continua y la innovación tecnológica en empresas mexicanas", UNAM 2002

II.6 Mercado Ambiental: Comportamiento y Tendencias (29)

El desarrollo sustentable exige cambios institucionales de fondo al sistema de precios, al marco normativo y regulatorio y a la estructura de participación y corresponsabilidad de toda la sociedad, e implica valorar y ponderar los costos ambientales en que incurren los procesos de producción y de consumo y cuantificar los beneficios económicos y sociales derivados de la protección ambiental.

En 1994 el mercado ambiental mundial representó 408 mil millones de dólares (MMD) y, con las tasas de crecimiento anual observadas y sostenidas hasta el año 2010, se estima un incremento de 102 %, es decir un equivalente de 418 MMD, en los quince años considerados.

Del importe total, el 88 % correspondió a la suma de los mercados de Estados Unidos, Europa Occidental y Japón. América Latina, aunque registra una participación pequeña, experimenta un crecimiento a tasas muy dinámicas en sus mercados ambientales, hasta del 12 % anual.

La culminación exitosa de las iniciativas empresariales, incluidas las del sector ambiental, están directamente vinculadas a las características y comportamiento de diversas variables económicas, políticas y sociales. Aunado a esto, en los temas ambientales juega un papel primordial la existencia de un adecuado aparato regulatorio e institucional en la materia, conjugado con mecanismos eficientes de información. Los efectos de estas condicionantes pueden ser constatados a partir de los datos que contienen las tablas II.2, II.3, II.4 y II.5, que se presentan a continuación, las que incluyen la importancia relativa de los diferentes mercados ambientales en el mundo, así como su tamaño y tasa de crecimiento anual, el producto interno bruto (PIB) y su relación con la inversión que cada país destina al sector ambiental.

Tabla II.2 Mercado Ambiental en Europa Occidental

PAIS	POSICION EN EL MERCADO AMBIENTAL No.	MERCADO (miles de millones de dólares)	PRODUCTO INTERNO BRUTO (miles de millones de dólares)	MERCADO / PIB	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL MERCADO AMBIENTAL %
Alemania	3	36.40	1398	2.60	3-5
Francia	4	20.20	1080	1.87	3-5
Reino Unido	5	17.60	921	1.91	3-5
Italia	6	15.00	1012	1.48	4-6
Holanda	8	6.70	260	2.57	3-5
España	9	6.10	515	1.18	4-6
Suecia	11	4.80	146	3.29	2-4
Suiza	12	4.70	152	3.09	2-4
Bélgica	13	4.20	178	2.36	3-5
Austria	16	3.20	141	2.27	4-6
El resto de Europa Occidental	ND	8.50	493	1.72	4-6
Total de Europa Occidental		127.40	6296		4
E Oriental / Rusia	ND	6.40	ND	ND	6

ND = No disponible

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

Tabla II. 3 Mercado Ambiental en Asia

PAIS	POSICION EN EL MERCADO AMBIENTAL No.	MERCADO (miles de millones de dólares)	PRODUCTO INTERNO BRUTO (miles de millones de dólares)	MERCADO / PIB	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL MERCADO AMBIENTAL %
Japón	2	65.20	4,447	1.46	1-2
Corea del Sur	15	3.40	287	1.18	8-12
Taiwan	17	3.10	209	1.48	8-12
China	22	1.60	506	0.32	15-20
Hong Kong	25	1.00	86	1.16	5-10
India	28	1.00	240	0.42	14-18
Tailandia	26	1.00	103	0.97	20-25
Indonesia	31	0.90	133	0.68	20-25
Singapur	32	0.80	46	1.74	6-10
Malasia	36	0.70	55	1.27	18-22
Filipinas	41	0.40	54	0.74	18-22
Resto de Asia	ND	0.40	174	0.23	10-15
Total de Asia excluyendo Japón		14.30	1893	0.75	17

Tabla II. 4 Mercado Ambiental en Norteamérica

PAIS	POSICION EN EL MERCADO AMBIENTAL No.	MERCADO (miles de millones de dólares)	PRODUCTO INTERNO BRUTO (miles de millones de dólares)	MERCADO / PIB	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL MERCADO AMBIENTAL %
Estados Unidos	1	165.50	5951.00	2.78	4-5
Canadá	7	10.80	537.10	2.01	3-4
Total excluyendo México		176.30	6488.10		

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

Tabla II. 4 Mercado Ambiental en Latinoamérica

PAIS	POSICION EN EL MERCADO AMBIENTAL No.	MERCADO (miles de millones de dólares)	PRODUCTO INTERNO BRUTO (miles de millones de dólares)	MERCADO / PIB	TASA DE CRECIMIENTO ANUAL DEL MERCADO AMBIENTAL %
Brasil	19	2.40	369.00	0.68	10-14
México	21	2.00	328.00	0.61	10-14
Argentina	35	0.70	112.00	0.63	8-12
Chile	43	0.30	35.00	0.86	15-20
Colombia	47	0.30	51.00	0.59	8-10
Perú	50	0.30	25.00	1.20	8-10
Venezuela	45	0.30	58.00	0.52	9-11
Resto Latinoamérica	ND	0.30	144.00	0.21	6-8
Total Latinoamérica y el Caribe		6.60	1.122		12
Medio Oriente		3.60	ND	ND	4-5
Africa		1.80	ND	ND	8-10

ND = No disponible

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

La primera observación de importancia, permite corroborar la relación directa que existe entre el nivel de desarrollo económico, institucional y social de los países y el volumen de su mercado ambiental. Los países o regiones con un mayor valor de mercado son, en orden descendente, Estados Unidos, Europa Occidental, Japón y Canadá, es decir, el grupo mundial de países desarrollados y que cuentan con una alta *densidad* regulatoria ambiental. Este grupo concentra el 92 % del volumen mundial asignado al mercado ambiental y en muchos casos, el valor del mercado de uno solo de estos países es superior al de regiones continentales, como es el caso de África, Asia y América Latina. Aún más, el valor de los mercados ambientales de Estados Unidos y Japón es superior a varios PIB nacionales. En el mismo sentido, la relación entre el valor del mercado ambiental y el PIB de cada país, es un indicador del esfuerzo y la importancia que cada sociedad asigna a la solución de los problemas ambientales. A este respecto se pueden identificar tres grandes bloques de países, clasificados en función de su relación MERCADO AMBIENTAL /PIB, que se muestra en la tabla II.6.

Tabla II.6 Relación Mercado Ambiental/ Producto Interno Bruto (MA/PIB)

RELACION ALTA		RELACION MEDIA		RELACION BAJA	
PAIS	MA/PIB	PAIS	MA/PIB	PAIS	MA/PIB
SUECIA	3.29	REINO UNIDO	1.91	TAILANDIA	0.97
SUIZA	3.09	FRANCIA	1.87	CHILE	0.86
E.U.	2.78	SINGAPUR	1.74	BRASIL	0.68
ALEMANIA	2.60	ITALIA	1.48	INDONESIA	0.68
HOLANDA	2.57	TAIWAN	1.48	ARGENTINA	0.63
BELGICA	2.36	MALASIA	1.27	MEXICO	0.61
AUSTRIA	2.27	COREA DEL SUR	1.18	COLOMBIA	0.59
CANADA	2.01	HONG KONG	1.16	VENEZUELA	0.52

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

Por otro lado, es contundente la vinculación que se establece entre una alta tasa de crecimiento anual del mercado ambiental y aquellos países que han asumido una rápida industrialización y en los que se manifiestan crecientes presiones regulatorias y de control ambiental, tanto internas como externas. Destacan desde luego los dinámicos mercados emergentes asiáticos, con tasas de hasta el 25 % anual, y los grandes países latinoamericanos, que presentan tasas superiores al 12 %. La tabla II.7 presenta esta proyección del valor del mercado ambiental.

Tabla II.7 Proyección del Valor del Mercado Ambiental Mundial

País o región	1994	Tasa de crecimiento anual ponderada	2000	2005	2010
Europa Occidental	127.4	4.17	156.3	191.7	235.1
Europa Oriental	6.4	6.00	8.6	11.5	15.3
Japón	65.2	1.50	70.2	75.7	81.5
Asia	14.3	13.48	26.9	50.6	95.3
Australia/Nueva Zelanda	6.2	5.50	8.1	106	13.8
Estados Unidos	165.5	4.50	206.2	257.0	320.3
Canadá	10.8	3.50	12.8	15.2	18.1
Latinoamérica	6.6	11.45	11.3	19.5	33.6
Medio Oriente	3.6	4.50	4.5	5.6	7.0
Africa	1.8	9.00	2.8	4.3	6.6
TOTAL	408.0		507.7	641.7	826.6

Unidades en miles de millones de dólares a precios constantes de 1994.

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

Determinantes del mercado ambiental

Puede afirmarse que la dinámica del mercado ambiental está determinada por cuatro conjuntos de variables, como se señala en la figura II.9:

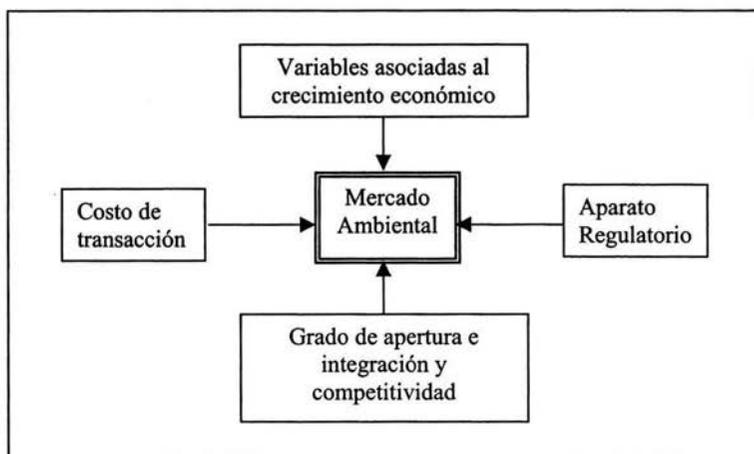


Figura II.9 Dinámica del Mercado Ambiental

1. El aparato regulatorio e institucional, que incluye leyes, reglamentos, normas, incentivos y sanciones económicas, y otros instrumentos de vigilancia del cumplimiento de la ley.
2. Las tendencias de crecimiento de la economía y variables asociadas, nivel de tasas de interés, inflación y certidumbre, que incrementan la demanda de proyectos y fortalecen la disponibilidad de financiamientos y las preferencias sociales en favor del medio ambiente.
3. Los sistemas administrativos, de información, conocimiento y financieros que determinan costos de transacción, eficiencia y amplitud de mercados y mecanismos de intercambio económico en general.
4. El grado de apertura e integración de la economía nacional a los mercados mundiales, principalmente de los países industrializados. Esto, ya que las exportaciones requieren crecientemente de diferentes procesos de certificación o acreditación ambiental. Razón por la cual gran parte de las empresas multinacionales operan bajo estándares comparativamente estrictos de control

ambiental, lo que aunado a la vigencia de tratados comerciales bilaterales o multinacionales, implica tendencias de convergencia normativa.

De ahí que la competitividad de los productos y mercados incluya crecientemente criterios ambientales.

La normatividad ambiental y las diferentes formas de regulación industrial directa influyen de manera significativa en las formas específicas que asumen los proyectos de inversión de las empresas, en la medida en que afectan los costos relativos y restringen o fomentan la integración de procesos y cadenas productivas.

La regulación induce, en el caso de las emisiones a la atmósfera, cambios en los procesos y tecnologías de combustión y en los combustibles, buscando una eficiencia creciente y controles en el uso de fuentes alternativas de energía. En el caso de las descargas al agua, promueve cambios tecnológicos que tienden a la minimización de las descargas y a la creación de la infraestructura de tratamiento necesaria. En los residuos fomenta el reciclaje, reuso y aprovechamiento a través de la creación de mercados y sistemas adecuados de manejo.

II.7 Componentes del mercado ambiental

Para su análisis, resulta conveniente clasificar el mercado ambiental en las diversas ramas y actividades que lo componen. La clasificación que se propone obedece a las especialidades comerciales que muestran los diferentes mercados en el mundo, atendiendo a que provean servicios, recursos o equipo. A continuación se presenta de manera general, el orden adoptado (29-31):

- **Equipamiento.** Comprende la venta de equipos para manejo y tratamiento de agua, control de la contaminación atmosférica, sistemas de instrumentación e información, manejo de residuos, y tecnología para prevención y monitoreo de la contaminación.

- **Recursos.** Integrado por las actividades de suministro de agua potable, la comercialización de productos reciclados (papel, solventes y aceites gastados, metales, etc.) y el aprovisionamiento de energía renovable.
- **Servicios.** Comprende las actividades de tratamiento de aguas residuales domésticas e industriales, manejo de residuos sólidos, urbanos, industriales y hospitalarios peligrosos, trabajos de ingeniería, consultoría y auditoría ambiental, remediación de suelos y servicios analíticos.

La distribución en erogaciones ambientales y porcentaje de participación de las actividades de mayor importancia se muestra a continuación en la Tabla II.8.

Tabla II.8 Erogación Mundial por Concepto Ambiental

Concepto	Total MMD	% Sobre el total mundial
Equipo, tratamiento de aguas residuales y suministro de agua.	161.01	39.42
Equipo y manejo de residuos sólidos municipales	115.21	28.20
Consultoría y equipamiento para el control de la contaminación atmosférica	51.99	12.73
Reciclaje de Residuos	34.50	8.50
Manejo de residuos industriales y hospitalarios peligrosos	16.79	4.11
Otros	28.00	7.04
TOTAL	408.30	100.00

Fuente: Environmental Business International Inc. 1995. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California.

De la información contenida en el cuadro se puede establecer que a nivel mundial, se prioriza la inversión en la rama de equipo, tratamiento de aguas residuales y suministro de agua con un 39.42 % de participación sobre los negocios ambientales totales. El resto se divide en un 28.20 % para equipo y manejo de residuos sólidos municipales, un 12.73% en consultoría ambiental y equipamiento para el control de la contaminación, rubros que en conjunto representan el 80% del mercado ambiental, un 8.5% se destina

a reciclamiento de recursos, el 4.11% para el manejo de residuos industriales y hospitalarios peligrosos y un 7.07 % para otros rubros.

Estos indicadores sirven de base para comparar las tendencias de inversión presentes en América Latina en las mismas actividades, con respecto a los países con mayor desarrollo económico y en referencia a parámetros promedio internacionales.

América Latina, Asia, Europa del Este y África, canalizan un poco más del 50% de los recursos destinados al sector ambiental a las actividades de equipamiento para manejo y tratamiento de agua, debido al gran déficit que presenta, y a que enfrenta severos problemas ambientales y de salud pública derivados de la contaminación del agua.

Estas proporciones son significativamente mayores a las que en promedio destina el mundo para tales efectos, en este sentido, la orientación de su mercado ambiental responde a los nuevos marcos regulatorios y a una mayor demanda social en favor de la protección a la salud y el ambiente.

En términos generales, todos los países y regiones realizan erogaciones importantes para atender el manejo de residuos sólidos municipales. Esta situación manifiesta un énfasis particular en Japón, en virtud de que cuenta con una de las políticas de gestión ambiental y participación ciudadana más desarrolladas a nivel mundial y a que no cuenta con suficientes sitios para su disposición final (32).

En lo relativo al control de contaminación del aire, las acciones de prevención han recibido una marcada atención en la última década, orientando a las erogaciones hacia esta actividad. Tanto en Medio Oriente como en los Estados Unidos se realizan acciones de mayor relevancia, vinculadas con el control de actividades petroleras y la reducción de la contaminación atmosférica en las grandes ciudades.

En el mejoramiento de la calidad del aire, los menores porcentajes de erogación ambiental corresponden al equipamiento con tecnología para la prevención y el monitoreo de la contaminación, los servicios analíticos y el equipamiento para sistemas

de instrumentación, conceptos que tienen como común denominador su carácter preventivo.

El caso de la alta proporción de fondos erogados por Medio Oriente para la remediación de suelos, puede deberse a los efectos generados por la guerra en el Golfo Pérsico.

En contrapartida, Latinoamérica eroga una proporción marcadamente menor que el resto del mundo en equipamiento para el control de la contaminación atmosférica, servicios de manejo de residuos sólidos urbanos, ingeniería y consultoría, remediación de suelos, tratamiento de aguas residuales y reciclamiento de recursos, una razón puede ser la falta de financiamiento disponible para la adquisición de equipamiento importado, aunado a la crisis económica sufrida por Latinoamérica a mediados de los noventa y la inestabilidad del mercado cambiario.

CAPÍTULO III

LEGISLACIÓN MEXICANA COMO RESPUESTA A LA CONTAMINACIÓN

III. 1 Episodios decisivos de contaminación en México (33,34)

Hasta la fecha, no se cuenta con un esquema metodológico para determinar el potencial de afectación y evaluar los riesgos a la salud y al ambiente asociados a los problemas derivados del manejo inadecuado de los residuos industriales. Los estudios de evaluación de los efectos ambientales realizados en México se han enfocado, principalmente, a problemas específicos o accidentes, algunos de los cuales se documentan a continuación:

a) Contaminación por desechos industriales peligrosos con cromo

En 1958 se instaló en Lechería, municipio de Tultitlán, Estado de México, una planta industrial (Cromatos de México) que producía cromatos de sodio y potasio y algunos derivados (sulfato de sodio). En aquella época sólo existían en ese sitio algunas empresas y no se le consideraba, por tanto, zona habitacional. Cerca de ella se encontraba: una planta termoeléctrica, una fábrica de productos químicos plásticos, una productora de llantas y una elaboradora de bebidas alcohólicas.

El proceso de producción era a cielo abierto, sin existir controles sobre las emisiones de polvos, descargas de aguas residuales, las que eran reinyectadas al subsuelo sin ningún tratamiento, y manejo de los residuos, los que se arrojaban en sitios disponibles en las zonas aledañas y que, simultáneamente, se ofrecían como material de relleno. Los vecinos y hasta las autoridades locales utilizaron el material con apariencia de grava para rellenar calles y depresiones de las calles de Lechería y San Francisco Chilpan. Con el tiempo y por efecto de la lluvia, asociado con la alternancia de las estaciones, el cromo hexavalente empezó a lixiviarse. El color amarillo subía por las paredes de las casas, los charcos eran amarillos y, en la época de secas, se observaba en la superficie un polvo amarillo que producía molestias en el sistema respiratorio de los vecinos.

Los padres de familia de la escuela vecina a la planta industrial organizaron a las comunidades afectadas y lograron que la UNAM y los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial realizaran estudios sobre el nivel de contaminación y, a través de la prensa, dieron a conocer el problema a la opinión pública. Como consecuencia de la presión social la planta fue clausurada y se construyó un cementerio de residuos industriales no peligrosos, que se inauguró en 1982, donde se dispusieron todos los residuos que se pudieron recolectar. En éste depósito se almacenaron 75,000 toneladas de residuos que estaban dispuestos a cielo abierto.

b) El problema denominado “chocolatazo”

Éste se produjo cuando los residuos de una fábrica de jabones fueron arrojados irresponsablemente en un terreno baldío de una colonia popular ubicada en Xalostoc, Estado de México. Estos residuos eran muy ricos en material orgánico, por lo que en el interior de la montaña de basura se inició una reacción de descomposición exotérmica que produjo altísimas temperaturas.

Hubo alrededor de 16 personas afectas, entre niños y adultos, que en su camino rumbo a la escuela o jugando, al pasar por este terreno baldío, pisaron los montículos formados con el material filtrante (de apariencia chocolatazo) y sufrieron quemaduras. Este suceso se presentó por primera vez en marzo de 1984, aunque fue reportado y mereció la atención pública, se repitió inexplicablemente en junio del mismo año. Como remedio se procedió a tapar con tierra los montículos de desechos industriales peligrosos. La procedencia de estos residuos no fue aclarada.

c) Entierro clandestino de compuestos de arsénico

En 1985 se reportó la muerte de 300 cabras que habían pastado en Santa Catarina, Nuevo León. Las autoridades de salud encontraron 30 toneladas de arsénico clandestinamente enterrado. No se encontraron evidencias de contaminación de aguas subterráneas, pero las autoridades sanitarias consideraron que de no haberse presentado el envenenamiento de cabras, con el tiempo, debido a la movilización de arsénico, se hubiera originado un desastre ecológico de consecuencias graves.

d) Contaminación por desechos industriales peligrosos en el río Coatzacoalcos y la zona industrial del complejo petroquímico

Diariamente son arrojados al río Coatzacoalcos residuos industriales generados en el complejo petrolero de Pajaritos, que contienen diversas sustancias tales como hidrocarburos, carbonatos e hidróxidos de calcio y magnesio, sales de cromo, cianuros, sulfocianuro, plomo, bismuto, mercurio, derivados halogenados de hidrocarburos aromáticos y alifáticos, fenoles, etcétera.

Los daños causados a la flora y la fauna ya han sido reportados, el impacto en la agricultura y la ganadería de la zona son denunciados por los campesinos a los diversos medios de información y los estudios que se realizan a la población afectada están en curso, pero el costo social y ambiental quizás no sea nunca evaluado.

e) Contaminación por una recicladora de compuestos de plomo

En marzo de 1987 la empresa Alco Pacífico de México, S. A. de C. V. ubicada en Tijuana, Baja California inició operaciones como recicladora de plomo bajo el régimen de maquiladora hasta abril de 1991, fecha en que SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, ahora SEMARNAT), ordenó la clausura total de sus instalaciones por no cumplir con la normatividad. Esta empresa utilizaba como materia prima baterías automotrices, residuos de óxido de plomo, trituradoras con contenido de óxido de plomo y sulfato de plomo, adquiridos en Estados Unidos bajo el régimen de importación temporal.

Al declararse en quiebra, los propietarios dejaron en sus patios alrededor de 12,000 m³ de residuos peligrosos y 18,000 m³ de suelos contaminados, dispuestos de una manera inadecuada y sin cumplir con la obligación legal de retornarlos a su país de origen. Las autoridades destinaron fondos para cubrir los residuos con una membrana geomorfológica de polietileno de alta densidad, con lo que se evita la contaminación a la población y al ambiente mientras se lleva a cabo la obra de reparación del sitio.

III.2 Marco Regulatorio (35)

La política ambiental mexicana tiene una historia de apenas dos décadas, a pesar de que ya desde la Constitución de 1917, en su artículo 27, se asentaban las bases para su desarrollo, al condicionar la utilización de los recursos naturales de la nación.

Sin embargo, no es sino hasta los años setenta en que adquiere un carácter propio, al crearse la Subsecretaría de Protección al Ambiente, adscrita a la Secretaría de Salubridad y Asistencia, y que se enmarca jurídicamente en la Ley Federal para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental de 1971.

Por lo que se refiere a la planeación ambiental, data de los programas de manejo de recursos naturales instaurados en 1975 por la entonces Secretaría de Recursos Hidráulicos, como el Plan Nacional Hidráulico.

Posteriormente, en el Plan Global de Desarrollo 1980-1982, que fue el primer instrumento de planeación nacional, se mencionan ya estrategias de prevención y control de la contaminación del aire, agua y suelo. La protección del ambiente y su gestión cobró importancia creciente, tal como se reflejó en los Planes Nacionales de Desarrollo de los sexenios 1983-1988 y 1989-1994. En forma correspondiente se elaboraron el Programa Nacional de Ecología 1984-1988 y el Programa Nacional de Protección al Medio Ambiente 1990-1994.

En el marco de planeación antes citado, se promovieron las reformas constitucionales necesarias a fin de conformar una Ley Ambiental con un enfoque más amplio de protección al ambiente. Así se expide en 1983 la Ley Federal de Protección al Ambiente y en 1988 se promulga la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, así como leyes locales en 31 entidades federativas y seis reglamentos de la Ley General, a saber:

- Impacto Ambiental
- Residuos Peligrosos
- Prevención y Control de la Contaminación de la Atmósfera

- Prevención y Control de la Contaminación de Aguas
- Protección contra la Contaminación originada por la Emisión de Ruido
- Prevención y Control de la Contaminación generada por vehículos automotores que circulan por el Distrito Federal y su Zona Conurbada

Existen otros reglamentos en materia ambiental, pero que corresponde su aplicación a otras dependencias de la Administración Pública Federal, estos son los siguientes:

- Prevención y Control de la Contaminación del Mar por Vertimiento de Desechos
- Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos

III.2.1 Normas

Las Normas Oficiales Mexicanas son uno de los instrumentos de política ambiental disponibles más importantes y se constituyen como un esfuerzo regulatorio para adecuar la conducta de agentes económicos a los objetivos sociales de calidad ambiental. Son aplicadas tanto a las actividades en operación como a los nuevos proyectos de inversión. Asimismo, estas normas orientan los mercados ambientales, al hacer exigibles nuevas condiciones de manejo, proceso, almacenamiento y transporte de sustancias riesgosas o potencialmente contaminantes (se pueden consultar en www.ine.gob.mx).

Hasta hace algunos años, se privilegió exclusivamente el desarrollo de normas de control ambiental que tienden a aplicarse *al final del tubo*, por ejemplo, con sistemas de lavado de gases, plantas de tratamiento de aguas residuales y confinamiento e incineración de residuos. Sin embargo, el concepto de tecnología ambiental y la normatividad ambiental deben abarcar también la sustitución de sustancias químicas peligrosas, una mayor eficiencia energética, el reuso del agua, la utilización de mejores combustibles y el reciclaje de residuos o subproductos, y en general, nuevos sistemas de administración industrial bajo el enfoque de calidad ambiental total.

La jerarquía de los preceptos jurídicos en materia ambiental en México, ubica a la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (Artículos 27 y 73) con el mayor nivel, seguido por la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, y por los Convenios Bi y Multinacionales firmados por México y ratificados por el Senado de la República; el tercer nivel corresponde a los Reglamentos y finalmente a las Normas Oficiales Mexicanas.

La normatividad ambiental asume explícitamente el propósito de favorecer la ampliación y profundización del mercado para las tecnologías ambientales que se van integrando con diferentes actividades manufactureras y de servicios que incluyen servicios analíticos y de laboratorio, manejo de residuos peligrosos, servicios de remediación de sitios contaminados, consultoría e ingeniería ambiental, productos químicos y equipos de tratamiento de aguas, instrumentación, equipo de control de contaminación atmosférica, tecnologías y procesos de prevención, recuperación de materiales y residuos y servicios y equipos de diversificación y eficiencia energética.

III.2.2 Otros instrumentos de política ambiental

En el contexto de la minimización y manejo adecuado de los residuos peligrosos, en el control de las emisiones a la atmósfera y en el tratamiento de las descargas líquidas contaminantes, además de la normatividad, las autoridades disponen de otros instrumentos de política ambiental, como son:

- Evaluación de Impacto Ambiental. Instrumento de regulación directa de carácter preventivo, que por un lado conduce a la minimización y por otro al control de emisiones, descargas y residuos inevitables. Se aplica a los nuevos proyectos de inversión y está orientado a exigir que se incorporen las tecnologías más avanzadas, obligando a la instrumentación de medidas de mitigación y compensación.

- Estudios de Riesgo. Instrumento de regulación directa de carácter preventivo, aplicable tanto a nuevos proyectos de inversión como a instalaciones en operación. Su aplicación permite garantizar que la operación de las plantas reduzca los riesgos

inherentes al manejo, almacenamiento y transporte de sustancias y materiales peligrosos, buscando minimizar los riesgos ambientales.

- Regulación Directa de Materiales y Residuos Peligrosos. Mecanismo de control especial mediante un sistema de permisos, autorizaciones y manifiestos que regulan el transporte, almacenamiento, tratamiento y disposición bajo sistemas que reducen y evitan los riesgos inherentes.
- Regulación Directa de Actividades Industriales. Instrumento de regulación mediante el otorgamiento de licencias de funcionamiento que establecen las condiciones particulares de operación industrial.
- Autorregulación. Instrumento concertado entre la autoridad y las empresas interesadas en encontrar y mantener la aceptación internacional a sus productos y servicios, en el marco de mercados cada vez más exigentes de tecnologías limpias y etiquetas verdes.
- Auditorias Ambientales. Mecanismos que permiten una revisión exhaustiva de las instalaciones para procesos, almacenamiento, transporte, seguridad y riesgo. Constituyen una herramienta de política ambiental de carácter voluntario para identificar planes de acción específica y plazos determinados para la realización de obras correctivas.
- Instrumentos Económicos. Instrumentos que ofrecen mecanismos eficientes de internalización de costos ambientales, a través de impuestos, derechos, mercados, sistemas de depósito-reembolso, fianzas y seguros.
- Condiciones particulares de descarga. Son instrumentos de política ambiental específicos impuestos a las empresas, cuyas descargas pudieran generar impactos de importancia a los cuerpos de aguas receptores. Son generalmente más rigurosas que las Normas Oficiales Mexicanas.

III.3 Compromisos internacionales (36-39)

a) Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OCDE)

A su ingreso a la OCDE en 1994, el Gobierno de México se pronunció a favor del cumplimiento de las disposiciones contenidas en las Actas emitidas por el Consejo de esta Organización en el área ambiental que incluyen tres Declaraciones y un último Comunicado Ministerial (tabla III.1), doce Decisiones de carácter vinculante (tabla III.2) y 41 Recomendaciones (tabla III.3), las cuales constituyen estándares de comportamiento de los países miembros sobre asuntos específicos de la gestión pública. La gran mayoría de estas Actas están relacionadas directa o indirectamente con la gestión de las sustancias químicas en las diversas fases de su ciclo de vida.

Con posterioridad al ingreso de México a la OCDE, se han adoptado dos nuevas Recomendaciones, una Declaración y un Comunicado Ministerial y se encuentra en curso la adopción de otra Decisión. Aún cuando este Organismo no es regulatorio y no establece sanciones, cuenta con un mecanismo para revisar el desempeño ambiental de los países miembros, a través del cual emite recomendaciones en el caso de incumplimiento de los compromisos adquiridos.

Tabla III.1 Declaraciones del Consejo de la OCDE sobre medio ambiente

Declaración	Fecha del compromiso
Sobre Política Ambiental	14 de diciembre 1974
Para el establecimiento de Políticas Ambientales Anticipatorias	8 de mayo 1979
Sobre "Medio Ambiente: Recurso para el Futuro"	20 de junio 1985
Comunicado para la Reducción de Riesgo por Plomo	20 de febrero 1996

Tabla III.2 Decisiones del Consejo de la OCDE sobre Medio Ambiente

Decisiones	Compromisos
<p>Aceptación mutua de datos para la evaluación de sustancias químicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • La Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (Cicoplafest), de la cual forma parte el INE, debe aceptar como válidos los resultados de las pruebas de la peligrosidad de nuevas sustancias químicas realizadas en países Miembros de la OCDE, siguiendo los principios de Buenas Prácticas de Laboratorio
<p>Conjunto mínimo de datos para la evaluación de productos químicos antes de su comercialización</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México solicitó algunos meses para desarrollar tal sistema • Ajustarse a los lineamientos establecidos por la OCDE para la realización de pruebas para evaluar la peligrosidad de plaguicidas, sustancias industriales y de consumo • Promover el establecimiento de disposiciones legales que sustenten un sistema de notificación de nuevas sustancias químicas industriales y de consumo, basado en el aporte de datos suficientes para evaluar su peligrosidad para la salud y el ambiente, antes de decidir si se acepta su ingreso al comercio, vía importación o producción nacional • Elaborar un inventario de sustancias existentes en el comercio en México (Listado Doméstico de Sustancias Existentes)
<p>Cumplimiento de los principios de Buenas Prácticas de Laboratorio (BPL)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México aceptó los lineamientos considerando que las características de su industria química serán tomadas en cuenta siempre que sea necesario • La Cicoplafest requiere establecer los sistemas de inspección delineados por la OCDE para verificar la aplicación de los principios de Buenas Prácticas de Laboratorio a los estudios para evaluar la peligrosidad de nuevas sustancias químicas, los riesgos de sustancias químicas existentes y los residuos de plaguicidas en productos agrícolas • Como en México no se generan nuevos ingredientes activos, sólo se aplicarían BPL a estudios para establecer límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas
<p>Medidas para la protección del ambiente a través del control de los bifenilos policlorados (BPCs)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • Prohibir la manufactura, importación, exportación y venta de BPC's, así como de los productos, artículos o equipo que los contengan, salvo algunas excepciones • Control de los usos actuales, del transporte y almacenamiento de BPC's, y la aceleración de los pasos tendientes a sustituirlos, particularmente en los casos en los que pueda ocurrir su derrame • Establecer un control de los productos, artículos o equipo contaminado con BPC's, para reducir la contaminación de tales materiales a niveles que no pongan en peligro la salud y el ambiente • Tratar y disponer adecuadamente (por incineración a alta temperatura o un método efectivo comparable) los desechos sólidos y líquidos que contengan niveles de BPC's superiores a 100 ppm, así como los equipos que los hayan contenido y no hayan sido limpiados apropiadamente • Prohibir la dilución deliberada de residuos que contengan BPC's. • Establecer la infraestructura para tratar y disponer adecuadamente los BPC's

Decisiones	Compromisos
<p>Intercambio de información respecto a accidentes capaces de causar daño transfronterizo</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • Intercambiar información con nuestros países vecinos y consultarlos, en una base recíproca, con la finalidad de prevenir accidentes que puedan ocasionar daños transfronterizos y reducir su impacto en caso de que ocurran. Seguir los lineamientos que al respecto ha establecido la OCDE • Proporcionar información al Secretariado de la OCDE, sobre las acciones que haya realizado México para cumplir con esta decisión, a fin de que el Comité de Ambiente las examine, ello implica, también, identificar y elaborar una lista de las instalaciones peligrosas
<p>Información al público en los procesos de toma de decisiones relacionados con la prevención de y la respuesta a accidentes con sustancias químicas</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • Seguir los principios establecidos por la OCDE, al desarrollar las acciones correspondientes en materia de información al público afectado por accidentes que involucran sustancias químicas peligrosas; o con respecto a las instalaciones peligrosas existentes o que se proyecte establecer
<p>Cooperación en la investigación y la reducción de riesgos de sustancias químicas existentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • Establecimiento y/o fortalecimiento de programas nacionales de investigación sobre sustancias químicas existentes, con el propósito de identificar aquellas que requieran ser manejadas de manera segura o ser controladas y de acuerdo con los principios y lineamientos técnicos establecidos por la OCDE. • Establecer y en su caso fortalecer, los programas nacionales tendentes a reducir los riesgos para la salud del público en general y de los trabajadores así como para el ambiente, proveniente de sustancias químicas existentes en el comercio.
<p>Investigación sistemática de sustancias químicas existentes</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas • Adecuar y mejorar la información básica sobre sustancias químicas, definir criterios para propósitos de salud pública y protección ambiental
<p>Control y reducción de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas (en el entendido que el Acuerdo de La Paz México-Estados Unidos no es inconsistente con esta decisión) • Ampliar la infraestructura para el tratamiento y disposición final ambientalmente adecuados de los residuos peligrosos, tal como se establece en las decisiones del Consejo de la OCDE en la materia • Cooperar en la recolección de datos armonizados sobre las importaciones y exportaciones de residuos peligrosos y en darlos a conocer al público. La OCDE publica periódicamente un seguimiento de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos en sus países miembros y México ha sido invitado a proporcionar los datos al respecto • Cooperar en el desarrollo e instrumentación de lineamientos concernientes a la reducción de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos
<p>Control de los movimientos transfronterizos de los residuos destinados a operaciones de recuperación</p>	<ul style="list-style-type: none"> • México no presentó reservas (en el entendido que la decisión OCDE autoriza a que los países miembros apliquen regulaciones más rigurosas siempre que se funde en acuerdos bilaterales o multilaterales entre miembros) • México deberá controlar los movimientos transfronterizos de residuos destinados a recuperación con base en la clasificación (listas verde, ámbar, y roja) y de acuerdo con los lineamientos de la OCDE

Fuente: SEMARNAP-INE, Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000, México D.F. 1996

Tabla III.3 Recomendaciones del Consejo de la OCDE sobre Medio Ambiente

Recomendación
Para la Determinación de la Biodegradabilidad de los Agentes Activos de Superficie Sintética Aniónica
Para los Principios Directrices relativos a Aspectos Económicos Internacionales de las Políticas Ambientales
Sobre las Medidas para Reducir toda Emisión Antropogénica de Mercurio al Medio Ambiente
Para la Evaluación de los Efectos Ambientales Potenciales de los Químicos
Para el Análisis de las Consecuencias Ambientales de Proyectos Públicos y Privados Significativos
Para la Limitación del Tráfico y Mejoramiento a Bajo Costo del Ambiente Urbano
Para el Control de la Eutroficación del Agua
Sobre las Estrategias para el Control de Contaminantes Específicos del Agua
Para la Instrumentación del Principio el que Contamina Paga
Sobre Principios relativos a la Contaminación Transfronteriza
Para la Igualdad de Derechos de Acceso en relación con Contaminación Transfronteriza
Para una Política Integral para la Gestión de Desechos
Sobre Principios relativos a la Gestión Costera
Para la Reducción del Impacto Ambiental debido a la Producción y Uso de Energía
Para la Instrumentación de un Régimen No-Discriminatorio de Igualdad de Derechos de Acceso en relación con la Contaminación Transfronteriza
Líneas Directrices Respecto de Procedimientos y Requerimientos para Anticipar los Efectos de los Químicos sobre el Ser Humano y el Ambiente
Para la Reducción del Impacto Ambiental del Uso de Energía en los sectores Doméstico y Comercial
Para la Reutilización y Reciclaje de Envases para Bebidas
Sobre Políticas e Instrumentos para la Gestión del Agua
Sobre Políticas para Abatimiento de la Contaminación por Ruido
Para el Fortalecimiento de la Cooperación Internacional para la Protección Ambiental de Regiones Fronterizas
Sobre el Reporte del Estado del Medio Ambiente
Sobre el Medio Ambiente y Turismo
Para la Evaluación de Proyectos con Impacto Ambiental Significativo
Sobre el Carbón y Medio Ambiente
Para la Recuperación de Desechos de Papel
Sobre Ciertos Aspectos Financieros de las Acciones de Autoridades Públicas para la Prevención y el Control de Derrames Petroleros
Para la Protección de los Derechos de Propiedad sobre Datos presentados en Notificaciones sobre Nuevos Químicos
Sobre el Intercambio de Información Confidencial sobre Químicos
Lista OCDE de Datos No-Confidenciales sobre Químicos
Sobre el Intercambio de Información relacionada con la Exportación de Químicos Prohibidos o Severamente Restringidos

Recomendación
Para el Control de la Contaminación Atmosférica por Combustión de Combustibles Fósiles
Sobre Opciones Energéticas Ambientalmente Favorables y su Instrumentación
Para el Fortalecimiento de las Políticas para Reducción de Contaminación por Ruido
Sobre las Políticas de Gestión de Recursos Acuícolas: Integración, Gestión de Demanda, y Protección del Agua de Subsuelos
Para la Aplicación del Principio el que Contamina Paga en casos de Contaminación Accidental
Para Integrar la Prevención y el Control de la Contaminación
Sobre Indicadores e Información Ambiental
Para el Uso de Instrumentos Económicos en la Política Ambiental
Para la Prevención de, Preparación de, y Respuesta a, Accidentes Químicos
Para la Gestión Integrada de Zona Costera
Para Mejorar el Desempeño Ambiental Gubernamental « greening of governments »
Para la Instrumentación del Inventario de Emisiones y Transferencia de Contaminantes en el Área OCDE

Fuente: SEMARNAP-INE, Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000, México D.F. 1996

III.4 Instrumentos voluntarios

Aun cuando la reglamentación directa es necesaria, sus limitaciones también son evidentes, por un lado, derivadas de la incapacidad de prever todos los escenarios y problemas ambientales posibles que se pueden suscitar en una empresa para cubrirlos mediante normatividad y por otro lado, ante la escasez de recursos humanos y tecnológicos para verificar el cumplimiento de las normas obligatorias en la totalidad del territorio nacional y en todas las empresas sujetas a ello.

Dado lo anterior e igual que ocurre en otros países, desde 1991 se ha venido impulsando la adopción de otros tipos de instrumentos que permitan alcanzar los mismos objetivos ambientales de forma más rápida, eficiente, e incluso innovadora, mediante la aplicación de programas voluntarios y códigos de ética, que se concertan ya sea entre el gobierno y la industria o que las propias cámaras o asociaciones industriales promueven entre sus miembros, como es el caso del Programa de Responsabilidad Integral de la Asociación Nacional de la Industria Química, el Certificado de Industria Limpia otorgado por la Procuraduría de Protección al Ambiente (PROFEPA) y las Normas ISO (40).

III.4.1 El Programa e Responsabilidad Integral (41)

La Asociación Nacional de la Industria Química es una Asociación Civil, (ANIQ) constituida el 11 de noviembre de 1959. Dicha asociación actualmente representa más del 90% de la producción privada de productos químicos de nuestro país a través de mas de 200 empresas de distintos tamaños y mercados dentro del sector que voluntariamente se encuentran afiliadas (tabla III.4).

Tabla III.4 Producción de productos químicos (Toneladas)

SECTOR	2001	2002
Fertilizantes	283,341	234,402
Fibras artificiales y sintéticas	566,497	526,196
Hules sintéticos y Negro de Humo	252,384	251,317
Inorgánicos básicos	5,838,229	5,823,210
Petroquímicos PEMEX	6,969,166	6,155,710
Otros petroquímicos	2,093,070	2,230,151
Resinas sintéticas	2,436,478	2,376,948
TOTAL	18,439,165	17,597,933

El grupo de empresas integradas por ANIQ representan para la industria en México una gran inversión de infraestructura instalada, así como el principal motor del comercio exterior, de acuerdo a los datos de la tabla III.5 y III.6 y III.7.

Tabla III.5 Inversión (Millones de Dólares)

1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002
492	977	829	835	847	880	860	750

Tabla III.6 Importaciones (Toneladas)

SECTOR	2002	2001
Fertilizantes nitrogenados	585,620	625,424
Fibras artificiales y sintéticas	171,731	143,666
Hules sintéticos y Negro de Humo	70,278	54,329
Inorgánicos Básicos	472,777	527,456
Petroquímicos PEMEX	2,853,634	2,290,582
Otros petroquímicos	603,995	537,297
Resinas sintéticas	2,070,281	1,414,443
TOTAL:	6,828,315	5,593,197

Tabla III.7 Exportaciones (Toneladas)

SECTOR	2002	2001
Fertilizantes nitrogenados	373	11,579
Fibras artificiales y sintéticas	266,287	253,999
Hules sintéticos y Negro de Humo	170,858	150,635
Inorgánicos básicos	1,134,653	1,182,516
Petroquímicos PEMEX	322,420	425,640
Otros petroquímicos	712,486	616,675
Resinas sintéticas	550,564	527,442
TOTAL:	3,157,641	3,168,486

El Programa de Responsabilidad Integral (RI), surge en 1985 de una iniciativa voluntaria de la industria química canadiense bajo el nombre de "Responsible Care". El objetivo de RI es incorporar, en la administración de los negocios de las empresas, el manejo de los aspectos ambientales, de salud y seguridad, originados por sus operaciones, a través de la implantación de un sistema de administración. RI pretende que las empresas adoptantes transformen su cultura y desarrollen un proceso de mejora

continúa que les permita alcanzar niveles de desempeño ambiental que eleve su competitividad en los mercados y les ayude a cumplir los requisitos legales vigentes en el país y mantengan una relación armónica con las autoridades y comunidad.

El Programa de Responsabilidad Integral es administrado en México exclusivamente por la Asociación Nacional de la Industria Química (ANIQ), siendo un requisito de membresía para las empresas asociadas la implementación del programa. La filosofía y lineamientos de RI se establecen en sus Principios Generales, por lo que cada empresa debe asumir el compromiso de adoptar estos principios para mejorar su desempeño en aspectos MASH (medio ambiente, seguridad e higiene).

Los Códigos de Prácticas Administrativas son documentos técnico-administrativos que concretan los conceptos establecidos en los Principios Generales, su origen se enmarca en el ciclo de vida de los productos dentro del proceso productivo. Por ello, los códigos de prácticas administrativas constituyen la base para la implementación operativa del programa:

- Prevención y control de la contaminación ambiental
- Seguridad de procesos
- Seguridad y salud en el trabajo
- Protección a la comunidad
- Transporte y distribución
- Seguridad de producto

Responsabilidad Integral como esquema voluntario de desempeño ambiental favorece la introducción de las variables ambientales en el sector de la Industria Química en México, y en un sentido más amplio considera como variables de desempeño la seguridad y la integración con la comunidad, elementos que la rigidez de las normas oficiales no consideran, recientemente están implementando un sistema que incorpora la norma ISO 9000-2001 y 14000.

Las obligaciones de las empresas afiliadas a la ANIQ son:

- Firmar el documento de adopción del Programa Responsabilidad Integral por parte de la Dirección General de la Empresa
- Desarrollar el máximo esfuerzo para implantar los CÓDIGO de Prácticas Administrativas asociados a los Principios Generales y cubrir todas las expectativas del Programa
- Participar activamente en el Programa de Ayuda Mutua de Responsabilidad Integral.
- Designar un responsable de la instrumentación del Programa, (coordinador de Responsabilidad Integral)

En caso de incumplimiento de los compromisos del programa, la ANIQ, a través de sus organismos rectores, se reservan el derecho de desafiliación de la(s) empresa(s).

Como un reconocimiento a la implementación del programa de Responsabilidad Integral, ANIQ otorga la autorización para el uso del Logo del programa, a continuación se enlistan las organizaciones que para junio del 2003 fueron autorizadas:

Air Products Resinas	Bayer de México
BASF Mexicana	Celanese Mexicana
Ciba Especialidades Químicas	Dupek
Derivados Maleícos	Filamentos Elastoméricos de México
Grupo Primex	Industrias Derivadas del Etileno
Nhumo	Nylon de México
Plásticos Rex	Poliestireno y Derivados
Polikron	Síntesis Orgánicas
Reacciones Químicas, S.A. de C.V.	Polaquimia, S.A. de C.V.

Los requisitos para obtener el reconocimiento de "Responsabilidad Integral" son:

- 1) Haber enviado sus autoevaluaciones por lo menos durante 3 años consecutivos.
- 2) Un 95% de avance en la implantación de Responsabilidad Integral.
- 3) Enviar los indicadores que respalden el avance reportado.
- 4) Realizar una verificación junto con ANIQ para corroborar los avances reportados.

Las empresas que en el 2002 obtuvieron reconocimiento fueron:

Ciba Especialidades Químicas

Grupo Primex

Celanese Mexicana

Bayer de México

Nhumo

Air Products Resinas

Plásticos Rex

III.4.2 Programa Nacional de Auditorías Ambientales

En México desde 1992 el Gobierno Federal a través de la Procuraduría Federal de Protección al Medio Ambiente (PROFEPA) promovió el Programa Nacional de Auditorías Ambientales concebido como un instrumento voluntario para el cumplimiento de la legislación ambiental que consiste en la revisión exhaustiva de instalaciones, procesos, almacenamientos, transporte, seguridad y riesgo de los establecimientos industriales (42).

Las empresas que ingresan a este Programa, no sólo se comprometen al estricto cumplimiento de la normatividad nacional, sino a adoptar normas internacionales y de buenas prácticas de ingeniería para aquellos aspectos aun no normados en el país, así como revisar y actualizar los planes de contingencias en caso de siniestro, mejorar la imagen pública de la empresa ante clientes y comunidad así como optimizar sus procesos de transformación, una vez acordado un plan de acción con una empresa.

De acuerdo con PROFEPA, la Auditoría Ambiental se define como el examen metodológico de procesos e instalaciones productivas respecto de la contaminación y riesgo que generan, así como la evaluación del cumplimiento de la normatividad ambiental, parámetros internacionales y de buenas prácticas de operación e ingeniería

aplicables, con el objeto de definir las medidas preventivas, correctivas y en su caso de respuesta, necesarias para proteger al ambiente. El conjunto de estas medidas, integra un Plan de Acción.

Los objetivos que persigue el programa son:

1. Proteger el Ambiente y Fomentar el desarrollo de una cultura ambiental Empresarial.
2. Motivar en los consumidores el hábito de adquirir productos fabricados por Industrias que observen prácticas de cuidado ambiental.
3. Distinguir a las empresas que a través de la auditoría y con el respectivo plan de acción, han aceptado la responsabilidad voluntaria de proteger a sus trabajadores, la comunidad y el ambiente mediante el otorgamiento del certificado como Industria Limpia.

A la fecha se han concertado 2,212 Auditorías de las empresas. Las que han terminado el Plan de Acción concertado, haciéndose acreedoras al Reconocimiento mediante el Certificado de Industria Limpia son: CFE, PEMEX, FNM, sector Público y Privado CEMEX, GM, PEÑOLES, FORD.

En general los resultados del programa han sido alentadores como se puede observar en la siguiente tabla III.8.

Tabla III.8 Evolución de las Auditorías Ambientales

Año	Instalaciones	Acumulado
1992	77	77
1993	119	196
1994	226	422
1995	115	537
1996	158	695
1997	191	886
1998	165	1051
1999	294	1345
2000(*)	404	1749
2001(**)	165	1914
2002(***)	298	2212

(*) Incluye 45 Auditorías de Plan de Acción

(**) Incluye 3 Auditorías derivadas de Plan de Acción y 5 derivadas de Refrendo

(***) Incluye 5 Auditorías derivadas de Plan de Acción

Fuente: Diplomado en Auditoría Ambiental, Facultad de Química, UNAM, 2004

En sus inicios el programa se concentró en giros industriales prioritarios, tanto por sus características de riesgo como por su importancia en las exportaciones nacionales, cabe destacar que dentro de este programa se encuentran las empresas paraestatales PEMEX, CFE y FERROCARRILES NACIONALES y en el sector privado destacan CEMEX, PEÑOLES, GENERAL MOTORS, FORD MOTORS, NISSAN MEXICANA y otras empresas de los giros químico, textil, alimentos y curtiduría, entre otros.

En la actualidad, la oferta se ha ampliado a cualquier tipo de organización, ya sea Unidades de Manejo y Aprovechamiento de Vida Silvestre. (UMAs), hospitales, hoteles, universidades, municipios, viñedos, etc. y se ha introducido el seguimiento del desempeño ambiental de las mismas a través de indicadores ambientales.

III.4.3 Sistemas de Administración Ambiental (ISO)

En lo que se refiere a la adopción de la normatividad de la serie ISO 14,000, en México se ha venido trabajando en la promoción de la certificación de establecimientos, habiéndose logrado aproximadamente 220 certificaciones al año 2004, de conformidad con la Norma ISO 14,001 que establece los elementos de un Sistema de Administración Ambiental que incluye, entre otros, la estructura organizativa, actividades de planeación, responsabilidades, prácticas, procedimientos, procesos y recursos para desarrollar, implantar, alcanzar, revisar y mantener una política ambiental (43).

Los esquemas voluntarios usualmente representan un punto final en el proceso de negociación entre autoridades y las empresas sobre el grado y naturaleza de las mejoras ambientales en determinado contexto. Pero de alguna manera el término "voluntario" es cuestionable debido a que es una respuesta a la presión en lugar de un cambio voluntario de la empresa.

Dentro de los casos exitosos de empresas que han adoptado el esquema voluntario ISO 14001, podemos mencionar:

1. 3M que ha ahorrado 1,000 millones de dólares desde 1975
2. IBM ha ahorrado 32,000 millones en cuanto a costo de energía desde 1990-91
3. Baxter Int'l ha ahorrado 21.7 millones de dólares en 1994 en prevención de contaminación

Entonces vale la pena preguntarse si para el caso de la industria química mexicana, la adopción de instrumentos voluntarios ha permitido alcanzar metas ambientales, eliminando la rigidez técnica, y a la vez ha modificado la cultura ambiental de las organizaciones.

CAPÍTULO IV

MERCADO AMBIENTAL EN MÉXICO

El cambio tecnológico suele asociarse a la capacidad de los sistemas económicos para producir más bienes, a menor costo en condiciones de competencia intensa, pero ello no basta para explicar los vínculos entre los asuntos económicos y los ambientales. La tecnología tiene muchas más acepciones que la relativa a máquinas y equipos de producción, pues en su sentido amplio entraña un conjunto de técnicas, modalidades gerenciales y manejo de información, aparte de las máquinas y herramientas empleadas en los procesos productivos.

La innovación tecnológica puede convertirse en un recurso instrumental para reducir la presión de los sistemas económicos sobre los aspectos ambientales. La tendencia de la innovación por disminuir la tasa global de uso de recursos o energía por unidad de producto, encierra la posibilidad de un mejor ambiente en el largo plazo. Desde el punto de vista de la oferta de bienes y servicios, las opciones tecnológicas en relación con el ambiente son dos:

- ❖ uso de soluciones técnicas para controlar las emisiones de residuos, conocidas como "de fin de tubo" (*end of the pipe*),
- ❖ emplear tecnologías limpias, que persiguen el menor uso de recursos o energía por bien producido.

En términos generales, la tecnología limpia es la que tiende a reducir la tasa de insumos y energía empleados en la producción de un bien, durante su ciclo de vida, eliminando la generación de emisiones y residuos, y permitiendo la recuperación de materiales al finalizar la vida útil del producto.

Desde luego, el acceso a esa tecnología no está exento de dificultades, tales como las que suelen presentarse al adoptar tecnologías novedosas, ya que surge la necesidad de amortizar las inversiones de capital, en las diferentes etapas del desarrollo de la tecnología y sus aplicaciones a escala industrial.

La experiencia internacional también señala que los candados comerciales (reglas que limitan acceder al mercado de algunos países) son un factor importante que puede inhibir la transformación tecnológica del sector industrial de un país.

Además de las consideraciones previas, es necesario tomar en cuenta al menos dos elementos básicos: el cambio técnico no ocurre de manera aleatoria y los movimientos de las empresas hacia el uso de técnicas superiores no son automáticos. El primero involucra, que la adopción de nuevas técnicas es producto de un proceso de aprendizaje acumulado; el segundo tiene que ver con la velocidad de transformación de los sistemas productivos. Además, las trayectorias resultantes del proceso de cambio no son soluciones estandarizadas, sino derivadas de las condiciones particulares de cada empresa (44).

VI.1 Innovación y Ambiente (45,46)

La globalización económica y la formación de bloques regionales de comercio iniciaron el debate sobre los límites relativos que las consideraciones ambientales pueden imponer a la competitividad de las economías.

La competitividad es una función que depende en buena medida no sólo de los costos de producción relativos, sino de la capacidad de innovación y desarrollo tecnológico.

Una definición que vincula el ambiente y el comercio mundial fue propuesta por Charnovitz, que señala: La competitividad consiste en "la habilidad de una organización para producir bienes y servicios que son aprobados por los mercados internacionales mientras sus ciudadanos alcanzan estándares de vida creciente y sostenible en el largo plazo". Aunque la definición no está exenta de comentarios, dispone de un elemento persuasivo: ¿cuáles son las características con las que se construye el éxito comercial relativo en condiciones de restricciones ambientales? ¿son las mismas en todos los países?

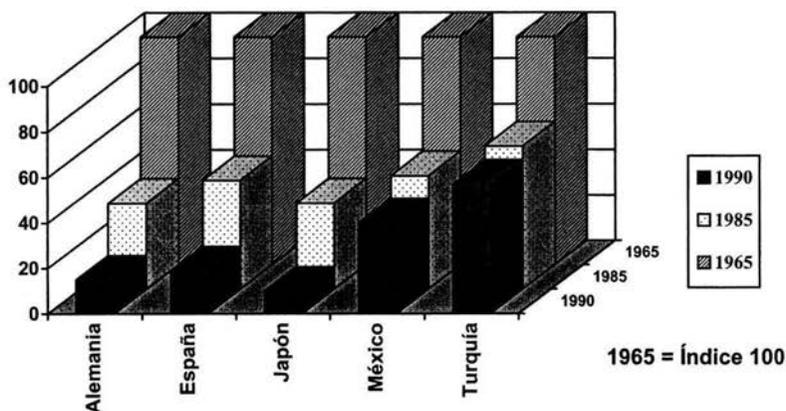
Se puede decir que existen dos rutas en las cuales se interceptan las políticas ambientales y la competitividad:

- 1) La colocación de los bienes y servicios en los mercados puede ocurrir porque se eleva la eficiencia de los sistemas productivos al desarrollarse técnicas ahorradoras de insumos naturales (si son los determinantes en la cadena productiva)
- 2) La prevención de la contaminación puede generar ahorros porque evita costos de reparación de impactos ambientales

Como el cambio técnico tiende a gestarse de manera endógena, la evaluación de sus efectos resulta compleja. En materia ambiental el cambio tecnológico agregado se podría observar, entre otros aspectos, mediante el ahorro energético global de los sistemas productivos (especialmente cuando son intensivos en energía).

Después de la crisis energética de principios de los setenta, los países desarrollados tendieron a modificar su estructura productiva para reducir su vulnerabilidad. El resultado de ello fue la reducción del consumo de energía por unidad de producto generado. En la gráfica IV.1 del índice de energía total consumida por unidad de producto interno generado, se compara la situación de México respecto del desempeño de países seleccionados miembros de la OCDE. Al igual que lo que ocurre en otros países, México ha transformado su estructura productiva, aunque a una menor velocidad.

Gráfica VI.1 Índice de Energía total consumida por unidad de Producto Interno Bruto



Fuente: World Development Report, Oxford University Press y OCDE, *Economic Instruments for Environmental Management in Developing Countries*, Paris 1996

IV. 2 Rezago de la Tecnología Ambiental en México (47-51)

El incremento del deterioro de las condiciones ambientales en México ha producido estímulos de corto plazo para el desarrollo de trayectorias tecnológicas que controlen los efectos nocivos de la contaminación. El mercado mundial de equipo para el control y monitoreo de emisiones contaminantes lo dominan los países desarrollados. Desde la década de los setenta México se ha caracterizado por el empleo de tecnologías de "fin de tubo", es decir, procesos y equipos estandarizados para mitigar la emisión de contaminantes.

El empleo de técnicas de control de emisiones tiene una gran cantidad de ventajas aparentes, de las cuales es necesario señalar al menos tres, no necesariamente en orden de importancia:

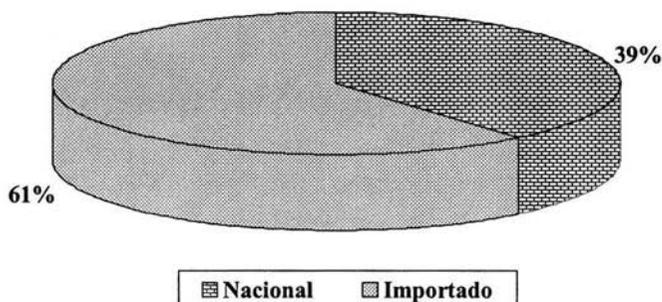
- 1) frente a la creciente preocupación pública por los asuntos ambientales, la instrumentación de tecnologías de control ofrece resultados institucionales de corto plazo,
- 2) que la innovación tecnológica sea endógena (hacia el interior) de las capacidades y necesidades de las empresas, lo cual requiere tiempo, recursos y estímulos, y
- 3) es posible que la aplicación de éstas tecnologías disminuya pérdidas económicas a sectores estratégicos por su importancia en los mercados o por su capacidad generadora de empleo, o por su incapacidad para generar investigación.

En todo caso, es evidente que lo importante es impulsar el desarrollo de tecnologías cuyo efecto, no sea incrementar su capacidad para controlar un volumen de contaminantes cada vez mayor, sino reducir o eliminar la generación de emisiones contaminantes. Desde luego, durante períodos de transición técnica y económica es posible y deseable la convergencia de ambas.

En el mercado de tecnología ambiental en México predominan los componentes importados, cuya participación es superior a 60%, como se muestra en la gráfica IV.2. La oferta nacional se compone sobre todo de productos químicos para el tratamiento de contaminantes.

De acuerdo con el índice de importaciones mexicanas de equipo ambiental, que agrupa mas de veinte fracciones arancelarias, la tendencia del flujo de importaciones de tales equipos fue creciente desde 1990 hasta 1994, año a partir del cual cayó como resultado de la recesión económica.

Gráfica IV. 2 Porcentaje de Origen de Equipo de Control, Monitoreo y Verificación Ambiental



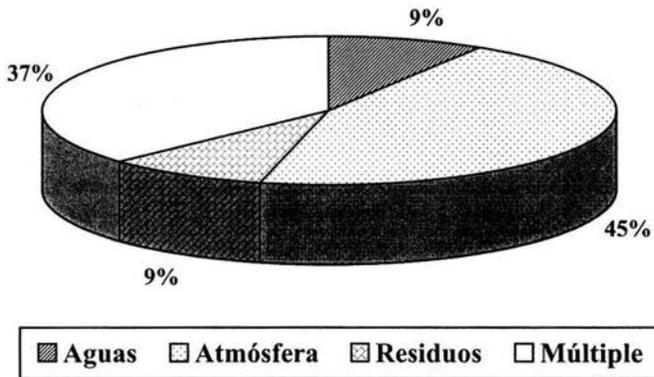
Fuente: SECOFI, *Tarifa arancelaria de importación*, DGIE, México 1996

Los instrumentos de control constituyen la mayor parte de las importaciones mexicanas de equipo ambiental. Destacando los dispositivos para controlar las emisiones atmosféricas, seguidos por los equipos de monitoreo de emisiones. En segundo lugar, con proporciones equivalentes, figuran las compras externas de equipos para manejar residuos sólidos, por un lado, y líquidos, por el otro ver gráfica IV.3.

La tendencia de crecimiento señalan por lo menos tres variables macroeconómicas críticas: la sobrevaluación de la tasa de cambio permitió la rápida expansión de la penetración de los mercados.

Los compromisos internacionales de México en el TLCAN y la OCDE fomentaron el crecimiento del equipamiento ambiental, y los mecanismos normativos instrumentados a fines de los ochenta crearon condiciones para el desarrollo de un mercado ambiental.

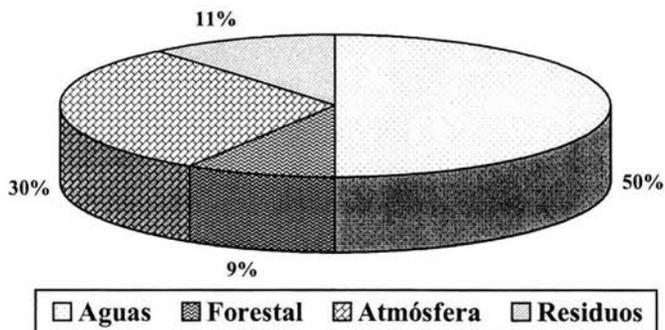
Gráfica IV.3 Equipos importados para el control ambiental de 1990 a 1995



Fuente: SECOFI, Tarifa arancelaria de importación, DGIE, México 1996

La distribución de las importaciones de equipo ambiental que realizó México de 1990 a 1995 revelan la preferencia de los mercados por los incentivos institucionales. En esta perspectiva, hasta 1995 la mayor parte de las normas oficiales mexicanas relacionadas con el ambiente se vinculaban con la contaminación de los recursos hidráulicos y la cuenca atmosférica como se observa en la gráfica IV.4.

Gráfica IV.4 Estructura jurídica mexicana en materia ambiental

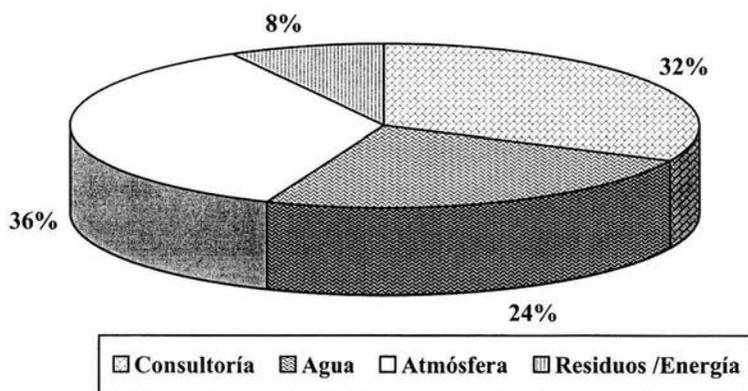


Fuente: SECOFI, Tarifa arancelaria de importación, DGIE, México 1996

El mercado de tecnología ambiental en México lo componen aproximadamente 450 empresas. La falta de un censo institucional actualizado hace difícil la determinación de las características de la oferta tecnológica disponible, sin embargo, de acuerdo con los resultados preliminares de la Encuesta de Mercados de Tecnología Ambiental en México, que incluyó una muestra de 100 empresas, la mayor proporción de las actividades de control se centran en las emisiones atmosféricas. En segundo lugar, destacan las empresas que realizan consultoría y evaluación tanto de proyectos como de procesos y, por último, las que controlan aguas residuales y residuos sólidos.

La gráfica IV.5 muestra lo anterior.

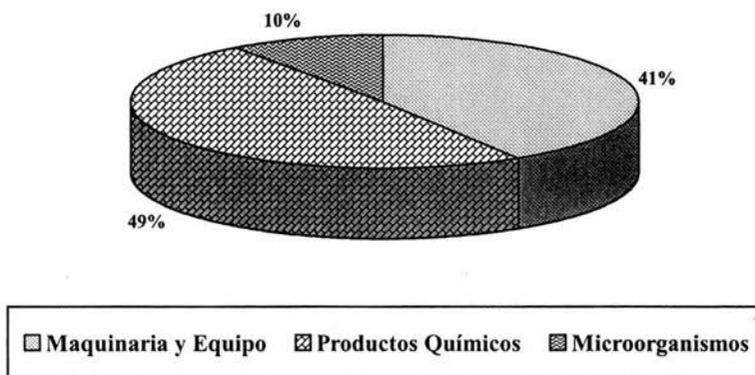
Gráfica IV.5 Actividad del mercado ambiental mexicano



Fuente: R. Constantino, *Encuesta de los Mercados de Tecnología Ambiental en México, UAM, 1995*

En términos generales, la tecnología de control disponible se concentra, por orden de importancia, en tres procesos: controles químicos; maquinaria, equipo y filtros, y tratamientos biológicos (gráfica IV.6).

Gráfica IV.6 Estructura del mercado mexicano en tecnología ambiental



Fuente: R. Constantino, *Encuesta de los Mercados de Tecnología Ambiental en México*, UAM, 1995

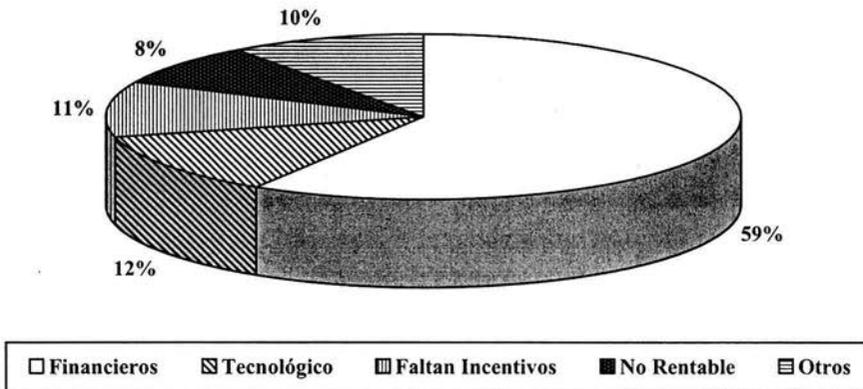
Quizás las razones de porque los métodos de control químico se empleen más que los otros procesos son que aquellos facilitan la adaptabilidad a los cambios en la regulación y permiten a las empresas cumplir con algunos aspectos de la normatividad, con lo cual en ocasiones tienden a mejorar su imagen en los mercados. Además, existe un factor de costos que no se debe perder de vista, pues los controles químicos tienden a ser comparativamente más baratos que los equipos de control fijos o el uso de microorganismos.

IV.3 Principales obstáculos de las empresas (51,52)

Los oferentes de tecnología han detectado diversos motivos por los que las empresas no invierten en equipos de control ambiental. En la gráfica IV.7 se destaca desde luego, que la mayor parte de las instalaciones de equipo del control y monitoreo es cara y no hay mecanismos de financiamiento que permitan amortizar las inversiones en el mediano plazo.

En el mercado mexicano existen diversas opciones de equipo, cuyos costos de adquisición pueden variar de acuerdo con su eficiencia probada, pero además suelen tener asociados costos de operación y mantenimiento. Se sabe que el costo de adquisición de los instrumentos de control oscila entre 5,000 dólares y 3.2 millones. Por su parte, los costos relativos a la operación de los equipos o su mantenimiento fluctúan de los 100 a los 200,000 dólares anuales.

Gráfica IV.7 Obstáculos para Invertir en Mejoramiento Ambiental



Fuente: ComExt, Comercio exterior, Banco Nacional de Comercio, Vol. 45, No. 10, México 1995

Otro argumento para no adquirir equipos anticontaminantes, es que la infraestructura de recursos humanos no es suficiente para mantener a los empresarios actualizados, tanto sobre las nuevas tecnologías como en las nuevas obligaciones ambientales. Por último, consideran que ese tipo de gasto no es rentable, porque afecta su estructura de costos y ello obligaría a subir los precios.

Finalmente, es conocido, que las sanciones por incumplimientos de la normatividad ambiental es relativamente permisiva, debido a la incapacidad de vigilancia por parte de las instancias correspondientes. Así, frente a costos de oportunidad relativamente elevados, las empresas prefieren tomar el riesgo.

Las trayectorias tecnológicas adoptadas por diversos agentes económicos están muy relacionadas con la capacidad institucional para facilitar o inhibir, según sea el caso, comportamientos económicos estratégicos. La política ambiental de México se ha conducido desde su origen mediante instrumentos de comando control (es decir la autoridad regula y si no se cumple sanciona), con acciones de regulación directa, inhibiendo con esto la capacidad innovadora de las empresas, básicamente porque es mas barato adaptar sistemas de control que reconvertir procesos.

IV.4 Fuentes de financiamiento (54,55)

Se ha mencionado que uno de los obstáculos importantes para el desarrollo tecnológico de las empresas en buena parte se debe a la falta de financiamiento disponible, especialmente para la mejora de aspectos ambientales.

Así que lo pertinente es revisar fuentes de financiamiento que hay disponibles dirigidas a el área ambiental.

1. Sistema SEP-CONACYT

Las Subsecretarías de Educación Superior e Investigación Científica y de Educación e Investigación Tecnológica, de la Secretaría de Educación Pública (SEP) promueven el apoyo a Universidades e Institutos Tecnológicos para que participen en proyectos de investigación y extensión en sus respectivos sistemas. Ambas subsecretarías tienen programas de apoyo a la investigación y desarrollo institucional. En el caso de la Subsecretaría de Educación Superior, los fondos se pueden canalizar por el programa denominado *Fondo de Modernización de la Educación Superior* y se proporcionan a solicitud de las universidades estatales y en el caso de la Subsecretaría de Educación e Investigación Tecnológica tiene un programa similar denominado *Cosnet* y los fondos se canalizan a solicitudes presentadas por los institutos tecnológicos. En ambas Subsecretarías se manifiesta el interés de apoyar la investigación ambiental.

El Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) y el INE–SEMARNAT celebraron un convenio de cooperación en el que se apoyo, en forma conjunta, a la comunidad científico–tecnológica para la elaboración de proyectos de investigación y desarrollo tecnológico de interés para la SEMARNAT.

2. Fundación México–Estados Unidos para la Ciencia

La fundación promueve esfuerzos para el mejor aprovechamiento del agua en la frontera y a la prevención de la contaminación de este medio. También están interesados en el manejo de la generación de los residuos sólidos generales en la zona fronteriza. Sus fondos son limitados y se usan principalmente para establecer canales de colaboración, más que al patrocinio de proyectos.

3. Otras Fundaciones

En lo que se refiere a la identificación de fuentes externas de financiamiento no gubernamentales, a continuación se presenta una relación de las fundaciones norteamericanas que proporcionan fondos para hacer estudios sobre temas ambientales y que tienen historia de haber apoyado proyectos en México. Las fundaciones que han otorgado fondos son:

1. American Express Foundation
2. Amoco Foundation
3. AT&T Foundation
4. Carnegie Corporation of New York
5. Ford Foundation
6. GE Fund
7. Hewlett Foundation
8. Kellogg Foundation
9. MacArthur Foundation
10. Rockefeller Foundation
11. Tinker Foundation
12. Union Pacific Foundation
13. Whirlpool Foundation

Las fundaciones de origen estadounidense en el período 1994-1996 han dado apoyo a instituciones mexicanas en un total de 492 proyectos de los cuales 60 están orientados al ambiente. Las fundaciones que más fondos han otorgado durante el período 1994-1996 para hacer proyectos relacionados con el ambiente se presentan en la tabla IV.1.

Tabla IV.1 Montos otorgados por las fundaciones a proyectos relacionados con el ambiente 1994-1996

Fundación	Monto (US \$)
Rockefeller	3,330,788.00
MacArthur	3,169,000.00
Ford	1,527,500.00
Kellogg	874,791.00

La mayor parte de los estudios apoyados son en el área de recursos naturales, salud ambiental y para el desarrollo de programas. Sólo se localizaron dos apoyos para manejo de sustancias tóxicas que fue otorgado por Public Welfare a una sola organización beneficiada, para la Red de Acción sobre Plaguicidas. El único proyecto sobre control de la contaminación fue otorgado por la Fundación Ford a la Red Fronteriza sobre Ambiente y Salud con un monto de 140,000 dólares.

Al revisar los apoyos a instituciones académicas por las fundaciones grandes, resalta el hecho que una fracción considerable del monto de las mismas está orientado a desarrollo de programas y no al patrocinio de proyectos específicos (276 proyectos de los 492 y son los de mayor monto). En el caso de apoyo a medio ambiente 60 son de desarrollo de programa y 24 son de investigación.

Las solicitudes de instituciones académicas parecen tener mejores posibilidades en las fundaciones Ford, Kellogg y Rockefeller, mientras que los apoyos para grupos sociales parecen tener prioridad con la Fundación MacArthur y la Fundación Rockefeller (Tabla IV.2 y IV.3).

Tabla IV.2 Montos de apoyo a instituciones académicas gobierno y ONG ambientales

Fundación	Número	Años	Montos Dólares
American Express	1	94	40,000.00
Amoco	1	96	33,500.00
AT&T	4	94,95	185,000.00
Carnegie Corp	2	96, 97	1,000,000.00
Ford	14	96	1,954,500.00
Ford	28	95	2,515,000.00
Ford	25	94	2,647,000.00
GE Fund	2	94, 96	104,000.00
Hewlett	7	94,95,96	1,550,000.00
Kellogg	9	96	1,288,400.00
Kellogg	7	95	808,900.00
Kellogg	6	94	745,600.00
MacArthur	6	96	830,000.00
MacArthur	7	95	1,017,500.00
MacArthur	4	94	230,000.00
Packard	2	95, 96	70,000.00
Public Welfare	2	94,96	50,000.00
Rockefeller	26	96	2,207,630.00
Rockefeller	22	95	1,925,430.00
Rockefeller	20	94	2,144,535.00
Tinker	1	95	40,000.00
Union Pacific	1	95	12,500.00
Whirlpool	1	94	24,500.00
Totales			19,095,593.00

Tabla IV.3 Fondos recibidos por instalaciones académicas

Institución	Fondos recibidos en dólares
Centro Mejor. Maíz y Trigo	3,301,865
Colegio de México	2,428,788
UNAM	1,475,925
Universidad Autónoma de Yucatán	1,362,478
Col Fron, Col Mich, Col Son, Col FronSur	1,218,944
Universidad de Chapingo	1,030,000
Universidad de Guadalajara	639,430
Colegio de Posgraduados	615,500
ITESM	578,000
CINVESTAV	474,850
ITAM	283,000
UI	268,000
UACJ, UAEM, UAM	762,313

Como se puede observar de los datos anteriores, los apoyos si han existido, pero no se ha reflejado en el sector empresarial, pues como se observa los recursos han sido otorgados a instituciones de investigación que no han tenido la habilidad, o quizás el interés, o no se les ha exigido vincularse con las industrias y desarrollar investigación aplicada para fortalecer la capacidad tecnológica del sector productivo de nuestro país.

CAPÍTULO V

ESTUDIO DE CASO DE DESEMPEÑO AMBIENTAL

En este capítulo presentamos los resultados más sobresalientes del estudio de caso realizado en la empresa Nhumo en materia de Innovación y Ambiente.

V.1 Antecedentes del Grupo DESC

DESC S.A. de C.V., uno de los mayores grupos mexicanos, enfoca su actividad en cuatro sectores del negocio: Autopartes, Químico, Alimentos e Inmobiliario. La diversificación de DESC le permite compensar los efectos cambiantes de los sectores del negocio en los que participa y concentrar sus inversiones y esfuerzos en las áreas en las que las circunstancias económicas específicas ofrecen las mayores oportunidades (56).

Tabla V.1 Elementos clave de la misión de DESC

Identidad	Propósito	Estilo	Valores
<ul style="list-style-type: none"> - Es una empresa mexicana que invierte en sectores con alto potencial de crecimiento. - Tiene una visión global de negocios y liderazgo en sus mercados. - Utiliza y desarrolla tecnologías competitivas 	<ul style="list-style-type: none"> - Agrega valor al capital invertido y proporciona a sus accionistas utilidades crecientes y atractivas 	<ul style="list-style-type: none"> - Conduce sus negocios a través de empresas autónomas dentro de un marco de políticas generales 	<ul style="list-style-type: none"> - Mantiene un compromiso con la filosofía de calidad total y la excelencia en el servicio. - Motiva y brinda oportunidades de crecimiento a sus empleados. - Protege el medio ambiente y promueve en sus comunidades la educación y los valores fundamentales

Fuente: elaborado con base en información de sitio web Desc y entrevistas al personal de Nhumo

Durante 2001 se consolidó la organización en tres grupos de negocio, quedando de la siguiente manera:

Tabla V.2 Grupos de negocio de DESC

Polímeros y Especialidades.	Productos de Consumo	Ecosistemas.
Incluye Resirene (poliestireno), Dynasol, (hules solución), Insa (hules emulsión), Nhumo (negro de humo), Plastiglas (acrílicos), Fenoquimia (MMA) y ParaTec (hule nitrilo)	Incluye adhesivos, impermeabilizantes y aditivos para construcción.	Incluye Quimir (fosfatos) y Rexcel (aglomerados)

V.2 El caso de Nhumo

Nhumo es una industria petroquímica ubicada en la zona industrial de Altamira, en el estado de Tamaulipas. Es el único productor de negro de humo en México, material utilizado en la manufactura de muchos artículos de uso diario, pero en particular tiene una función muy importante en la industria llantera (57,58).

La historia de la producción industrial de Negro de Humo en México, comienza a principios de la década de los 60's con la instalación de la primera planta productora de Negro de Humo, la cual inició sus operaciones el 16 de Enero de 1963 en Salamanca Guanajuato. Posteriormente y ya en la década de los 70's, el día 16 de Abril de 1977 inició la operación de la Planta Altamira Tamaulipas, siendo ésta actualmente la única planta de Nhumo.

Con una capacidad instalada de 120,000 toneladas anuales, Nhumo cubre el 95% del mercado doméstico, prioritario en su estrategia de negocio, ya que el mercado doméstico requiere de una gran cantidad de negro de humo grado hulero para las industrias llantera y hulera; exportando el excedente a Norteamérica, Centroamérica y Europa.

Desde 1991 Nhumo pertenece a Girsá (Grupo DESC), que actualmente cuenta con el 60% de las acciones. El 40% restante se encuentra en manos de Cabot International Capital Corp., empresa americana líder en producción y tecnología para la fabricación de negro de humo.

Cuando Girsá adquirió Nhumo, ésta era considerada como una de las empresas más contaminantes de la zona industrial de Altamira. Las condiciones de operación de la planta y la calidad de vida de las comunidades aledañas eran desalentadoras. A partir de esta situación, la dirección de la empresa estableció un plan estratégico para hacer sus procesos eco-eficientes y seguros, y así contribuir a la protección del ambiente. Pero como trataremos de enunciar posteriormente, una serie de factores convergieron para motivar a Nhumo a establecer una estrategia ambiental vinculada a sus innovaciones, como un resultado un tanto casuístico y no como un resultado formal de una estrategia explícita de la empresa (aunque si motivada por líneas corporativas, y como fue exitoso, a partir de ello se dieron cuenta que invertir en proyectos ambientales era rentable y modificaba favorablemente su imagen social y empresarial).

Nhumo declara estar consciente de las necesidades de los clientes que integran una industria globalizada, por lo que ha realizado importantes inversiones enfocadas a mejorar significativamente sus procesos, disminuir costos e incrementar la calidad de sus productos y servicios. Como una empresa eco-eficiente (y de clase mundial), Nhumo tiene un compromiso con el medio ambiente, al contar con un alto sentido de responsabilidad con la comunidad y asegura un producto que supera las expectativas de sus clientes. Prueba de ello son las certificaciones de las que ha sido objeto bajo las normas ISO-9002 (año de 1994), ISO-14001(1997); así como la obtención de los premios Nacionales de Calidad (1997) y del Mérito Ecológico (1999); la certificación como Industria Limpia de la Profepa (2000) e Industria Segura de la Secretaria del Trabajo y Previsión Social (2001), así como ser distinguido en el programa de Responsabilidad Integral de la ANIQ (1999) y la obtención de diversos reconocimientos de parte de sus accionistas, el premio Interdesc (1999); Cabot Award for Excellence (2000); proveedor confiable de Euzkadi (2000) y Excelencia en Calidad de Goodyear Oxo (1996-2000).

Nhumo es una empresa que ha sufrido una serie de cambios o "reconversiones" como ellos lo nombran para ser una empresa de Clase Mundial. Procesos de reconversión impulsados por el antiguo director general de la planta, quien al ser una persona dinámica y con un alto sentido de responsabilidad social y ambiental motivó la introducción de los Sistemas de Administración por Calidad (SAC), Sistemas de Gestión Ambiental (SGA) y Sistemas de Propiedad Intelectual (SPI) soportados en el uso de las tecnologías de información (TI).

La actual administración de la empresa tiene una orientación enfocada a los clientes y la calidad, que resulta evidente en toda la documentación y organigrama de la firma, la cual, en el área de Recursos Humanos (RH) y Sistemas de Calidad (SC), recae la administración de los procesos organizacionales de la empresa, que le ha significado a Nhumo un factor de competitividad y flexibilidad necesarias para incrementar la capacidad de absorción y reconversión enunciadas en el capítulo primero de este trabajo.

En el año de 1999, la empresa impulsó una integración entre los sistemas de calidad y los sistemas de gestión ambiental (ISO 9002 y 14001), en una visión de desarrollo sostenible, misma que se declara como una política integral:

"En NHUMO, SA de CV producimos y comercializamos Negro de Humo con una visión de desarrollo sustentable, comprometidos a cumplir con los requisitos convenidos con nuestros clientes, con la legislación aplicable, con los acuerdos suscritos vigentes y a prevenir la contaminación. Mediante nuestro sistema de Gestión Integral, mejoramos en forma preventiva y continua: procesos, productos, desempeño ambiental, de salud ocupacional y de seguridad. De esta forma, consolidamos el negocio para la rentabilidad de nuestros accionistas, el beneficio de los clientes, comunidad, proveedores y nosotros mismos".

Nhumo esta integrada en una alianza de capital de riesgo "joint venture" entre Girsra y Cabot (en inversión de capital) siendo éste último el socio tecnológico, es decir, su principal fuente de adquisición de tecnología incorporada. De esta forma, Nhumo enfrenta una disyuntiva entre el tipo de decisiones estratégicas en tecnología, hacia tecnología Cabot o tecnología propia (razón por la cual quieren capitalizar las innovaciones y el conocimiento tecnológico).

Nhumo considera tener cinco clientes principales para atender: sus accionistas, comunidad, proveedores, su personal y por último sus productos y servicios. Se considera a sí misma como una empresa de Clase Mundial, con visión de desarrollo sustentable y comprometida con la calidad total, la mejora continua, el cuidado del medio ambiente y con el desarrollo de su gente. En resumen, los valores de Nhumo son:

- Seguridad y cuidado del ambiente
- Satisfacer y dar valor superior a los clientes
- Mejora continua mediante trabajo en equipo
- Cultura de productividad y bajo costo
- Trabajar con prevención y sistemas
- Desarrollo de personal
- Calidad de vida
- Liderazgo

En la visita de campo se encontró que dichos valores se traducen en el uso de una serie de herramientas y características que parecen distinguir al personal del resto de los trabajadores de la zona, en el sentido de que los integran a la práctica cotidiana, no solo dentro de la empresa, sino en reuniones sindicales, participación en foros y congresos, etc., facilitando la introducción de los sistemas de calidad y gestión ambiental, lo que le han significado el reconocimiento mediante diversos premios. De esta forma, dicen contar con un clima organizacional adecuado, además de ser una empresa flexible y activa que siempre busca una mejor forma de hacer las cosas.

La calidad parece ser uno de los pilares de Nhumo, evidente en la semana anual de la calidad, que es un espacio desarrollado cada año por la empresa junto con la comunidad académica y empresarial del país para tratar temas estratégicos en una especie de congreso interno, y que resalta elementos como *eficiencia y efectividad organizacional* (2001), *administración del conocimiento para la competitividad* (2000), *hacia el desarrollo sustentable* (1999) y *calidad* (1998).

V.2.1 Características Generales del Negro de Humo

El Negro de Humo es un polvo carbonáceo intensamente negro, obtenido por la descomposición térmica incompleta de aceite altamente aromático. También se le llama negro de carbón o de lámpara y es virtualmente carbón elemental puro en la forma de partículas coloidales esféricas. Su apariencia física es la del carbón en forma de pelet o polvo finamente dividido.

Los primeros negros de humo de que se tenga noticia fueron producidos por el hombre de las cavernas hace unos 15,000 años, y posteriormente por los antiguos chinos hace más de 3,500 años para usarse como colorante. Fabricaron lo que ahora se conoce como negro de humo, quemando materiales orgánicos purificados tales como resinas, grasas y aceites bajo conos invertidos de cerámica. El hollín depositado en la superficie de la cerámica se quitaba y se utilizaba como pigmento en tintas. Hoy en día, al negro de humo todavía se le valora por sus

atributos como colorante, pero se utiliza sobre todo para proporcionar reforzamiento y mejorar otras propiedades a los artículos de hule. A partir de mediados de los años 70's casi todos los negros de humo se producían mediante el proceso de horno y eran conocidos como negros de humo de horno. Actualmente se encuentra entre los primeros 50 productos manufacturados de la industria química a nivel mundial, basado en toneladas anuales. La producción mundial para el año de 1999 fue alrededor de 6.81 millones de toneladas. Aproximadamente el 90% del negro de humo se utiliza en aplicaciones huleras, 9% como pigmento, y el 1% remanente como un ingrediente esencial de aplicaciones diversas.

En Nhumo, se produce negro de humo a través de este proceso de combustión en horno de un petrolífero llamado aceite de decantado, el cual proviene de la desintegración catalítica de gasóleos. El negro de humo está constituido por más de un 97% de carbono y la composición total depende del grado de negro de humo de que se trate. El negro de humo es un producto commodity, es decir, es un artículo genérico cuyas características, usos y aplicaciones son del dominio público. No es considerado como residuo peligroso en la normatividad mexicana vigente (NOM-052-ECOL-1994 y NOM-053-ECOL-1994), ni por resultados de los análisis CRETIB. En Nhumo se recicla en el proceso o bien se recicla externamente en la transformación de otro producto con la combinación de hule sintético (suelas de zapatos, topes para defensa, loderas etc.).

El arreglo cristalográfico de los átomos de carbono en el negro de humo es hexagonal, los cuales forman estratos que son paralelos entre sí, pero sin respetar un arreglo tridimensional específico, lo cual lo distingue del grafito, del coque, del diamante y del carbón vegetal. El negro de humo es un producto utilizado en muchos artículos de uso cotidiano.

Los negros de humo de horno son clasificados generalmente en dos tipos: reforzantes (también llamados "duros" o "tread") y semi-reforzantes ("suaves"). Los negros de humo reforzantes, como su nombre lo indica, refuerzan grandemente al hule y le permiten tener alta resistencia al desgaste y elasticidad. Son utilizados principalmente en la industria llantera. Este tipo de negros de humo incrementa la vida útil del piso de una llanta en 8,000 Km con respecto a la

llanta que no usa negro de humo. Se estima que la vida promedio esperada de una llanta se extiende por un factor de 9 a 10 veces como resultado de la adecuada aplicación del negro de humo. También se usa en la fabricación de diversos artículos de la industria hulera como por ejemplo: bandas procuradas y hule para pisos, bases para motor, cojines de las llantas, bandas transportadoras, defensas marinas, etc.

Los negros de humo semi-reforzantes son utilizados principalmente en la fabricación de mangueras, bandas, cámaras para llantas, capas sellantes de llantas sin cámara, artículos extruidos, artículos moldeados, carcasas de llantas, etc. Aunque también han sido utilizados como pigmentos en la obtención de tintas, y bases de pinturas, artículos de plástico, concentrados de color y derivados de concreto, entre otros. Debido a la coloración profunda y permanente del negro de humo, aplicando sólo el 1 o 2% de éstos en plástico se minimizan, si no completamente, los efectos adversos de la radiación ultravioleta en los materiales.

V.2.2 Principales Productos y Mercados de Nhumo

Del amplio espectro de negro de humo que se fabrican en el mundo, la Asociación de Estándares para Prueba de Materiales (ASTM, por sus siglas en inglés) tiene clasificados alrededor de 80 grados diferentes de negro de humo grado hulero y de otras aplicaciones. En cuanto a los líderes mundiales de fabricación de negro de humo, encontramos a Cabot, Columbia y Degusta, tienen una gran cartera de productos dentro de esta clasificación, seguido por empresas de países en desarrollo como Nhumo de México, Alexandria de Egipto o Thai Carbon Black Public Co. de Tailandia.

En Nhumo se fabrican dos tipos diferentes de negro de humo los cuales se muestran en la tabla V.3. Estos son reforzantes y semireforzantes dentro de la gama de grados reportados por la ASTM como de aplicación en hule.

Tabla V.3 Principales productos de Nhumo para el sector llanero

Reforzantes	Semi- Reforzantes
- Llantas	- La parte lateral de las llantas
- Bandas transportadoras	- En mangueras
- Bandas De Hule-Piso para renovación de llantas	- Bandas
- Suelas para calzado	- Cámaras de automóvil
- Tintas	- Impermeabilizantes
	- Selladores

La empresa Nhumo surte a las principales empresas llaneras del mundo tales como Firestone, Continental, Michelin y Goodyear que operan en México, y en el mercado nacional a Tornel. Esta empresa cuenta con mercados de exportación dirigidos a Norteamérica, Latinoamérica, Europa, Asia y Norte de África. Con oficinas comerciales (distribuidores) en Canadá, Estados Unidos, Guatemala, Costa Rica, España, Alemania e Italia.

En años anteriores, la producción principal de negro de humo era para reforzantes de la industria llanera, pues al ser un producto maduro y de bajo precio, las ventas por volumen son más significativas comparadas con especialidades que son mas caras, pero en el mercado nacional se consumen en menor medida, y por ello, las ventas son mejores. Debido a este hecho, en los últimos años, del total de los reforzantes fabricados por la empresa, se tiene que hasta el 99% se dirige al mercado llanero, mientras que en el caso de los semireforzantes el 50% de la producción es para llantas, y el 50% restante se dirige al mercado industrial, es decir, el de especialidades.

Lo anterior es un dato importante, pues la contracción del mercado llanero en México en el año 2000 y 2001 produjo un efecto negativo para el segmento de los reforzantes con el cierre de varias plantas fabricantes de llantas en nuestro país. En este sentido, Nhumo se vio afectado y requirió reorientar sus esfuerzos a una nueva reconversión para producir equilibradamente reforzantes y semireforzantes, con una diversificación de mercados, pues el auge de ventas en el mercado nacional había sido tal, que el mercado de exportación se dejó de lado; mientras que al momento de la contracción de mercados, se vieron obligados a reorientar sus esfuerzos

a la exportación. Una característica de Nhumo es la flexibilidad, esta habilidad les permitiría adaptarse rápidamente a las nuevas condiciones de mercado.

V.2.3 Descripción del proceso

El proceso de negro de humo de horno es aquel que utiliza aceites altamente aromáticos como materia prima (como el caso de la empresa en estudio) debido a que se desintegran más fácilmente. Cabe mencionar que el aceite decantado es un subproducto residual de la refinación catalítica del petróleo conocidos como "residuales", y que son aquellos productos que contienen un alto contenido de carbono y con un menor valor agregado; pues los productos mas ligeros, o "destilados", de mayor valor agregado son utilizados para obtener gases, gasolinas, aromáticos, turbosina, diesel, etc. Es decir, el precio obtenido por los productos residuales no sólo es mucho menor que el de los productos más ligeros, sino también comparado con el precio original del petróleo crudo; esto es, a menor contenido de carbono, más ligero es el compuesto y con ello tiene un mayor valor agregado.

De manera general, la producción de horno se realiza en un reactor utilizado para realizar la pirólisis del aceite decantado bajo condiciones de operación cuidadosamente controladas a temperaturas extremadamente altas. El aceite decantado es atomizado en una corriente de gas caliente en donde es vaporizado, y entonces piroliza en la fase vapor para formar partículas de carbón microscópicas. En la mayoría de los reactores de horno, la reacción es controlada por esparcido de vapor o agua. El negro de humo se produce y es transportado a través del reactor, enfriado y colectado en filtros bolsa en un proceso continuo. El gas residual o "tail gas" de un reactor de horno incluye una variedad de gases como el monóxido de carbono e hidrógeno. La mayoría de las plantas de negro de humo de este tipo utilizan una porción del gas residual para producir calor, vapor o energía eléctrica.

En el caso particular de Nhumo se pueden identificar tres variables principales que son determinantes para la operación de la planta:

1. Materia prima
2. Energía (uso ecoeficiente de la energía)
3. Medio Ambiente

De manera más detallada, la descripción del proceso (Figura V.1):

a) Fase de reacción: el proceso inicia cuando el aceite proveniente de los tanques de almacenamiento se alimenta al horno o reactor, conjuntamente con aire, gas natural y aditivos, a una temperatura de reacción de 1000°C a 2200°C, dependiendo del grado de que se trate. Como resultado de esta fase se obtiene negro de humo en forma de polvo extremadamente fino y gases residuales de la reacción.

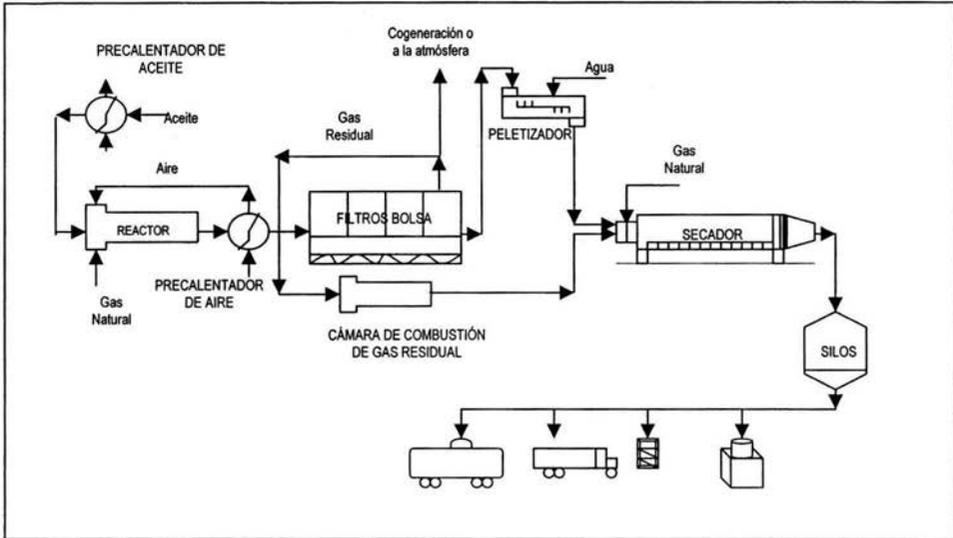
b) Fase de filtración: el negro de humo proveniente de los reactores se separa de los gases residuales por medio de centenares de bolsas filtrantes de fibra de vidrio, colocadas dentro de varios compartimentos que conforman la unidad principal de filtración. Esta operación se efectúa a una temperatura máxima de 250°C.

c) Fase de aglutinación (peletizado): en esta etapa, el negro de humo libre de gases residuales, se alimenta en conjunto con agua y aditivos a un equipo llamado aglutinador. El objetivo de éste es convertir el negro de humo en polvo en un negro de humo peletizado, esto es, densificado en forma de pequeños conglomerados esferoidales llamados pélets. El negro de humo peletizado es así manejado más adecuadamente.

d) Fase de secado: para eliminar el agua utilizada en el proceso de aglutinación, se seca el negro de humo en secadores rotatorios, obteniendo un producto con una humedad mínima.

e) Fase de manejo de producto terminado (almacenamiento y envasado): el negro de humo peletizado y seco es enviado a los silos de almacenamiento, de donde el producto será enviado a los clientes en alguna de las presentaciones acordadas: sacos, superbolsas, autotolvas o ferrotolvas.

Figura V.1 Proceso de fabricación de negro de humo de horno



Fuente: Carbon Black User's Guide. ICBA, 1999.

Durante la primera etapa de proceso, es justamente en el aceite decantado como materia prima donde se tiene un riesgo de abastecimiento a futuro, pues es del dominio público que todos los productos derivados del petróleo conllevan la amenaza de la disminución de las reservas mundiales, pues se trata de un recurso no renovable y finito, además de que la industria de refinación tiene aún el incentivo económico de convertir todos los residuales posibles en productos más ligeros, lo cual disminuiría potencialmente la obtención de residuales.

Además, se tienen problemas de especificación de materia prima que afectan significativamente la calidad y el rendimiento del producto, por lo que se destaca la gran capacidad que ha desarrollado el área de producción de Nhumo al adaptarse a trabajar con materia prima suministrada por PEMEX que varía en especificaciones en cada pedido y suministro y el costo creciente del gas natural.

V.3 Eco-innovación y eco-eficiencia en Nhumo (59)

La trayectoria tecnológica de Nhumo es particularmente interesante en materia ambiental, pues han realizado diversos proyectos no sistemáticos, producto de un proceso de búsqueda de oportunidades motivado por su esquema de mejora continua que tienen como meta la reducción de costos, el incremento de la competitividad y la eco-eficiencia.

Nhumo manifiesta en su Política Integral tener una visión de desarrollo sustentable, su compromiso para prevenir la contaminación y mejorar su desempeño ambiental para beneficio de la comunidad. Nhumo trabaja con base en su Sistema Integral de Gestión, el cual incluye un Sistema de Gestión Ambiental basado en la Norma ISO14001, y en su programa SOL (Seguridad, Orden y Limpieza).

La Política Ambiental de Nhumo manifiesta su compromiso en prevenir la contaminación y cumplir con la normatividad vigente, además de mejorar continuamente sus procesos e implementar y mantener sistemas de gestión ambiental que les permitan verificar sus insumos y productos en un enfoque de ciclo de vida, respetando al entorno y a ellos mismos.

Este sistema ambiental es visto en Nhumo como una condición para mantener el liderazgo. La cultura de respeto del medio ambiente parece estar presente de manera cotidiana en la planta, pues son evidentes elementos tan sencillos como el uso de papel reciclado y tintas biodegradables en impresión de formas, tarjetas, por un lado, y por otro, la instalación de estaciones de colección de papel para reciclaje (ecofibras) o la instalación de separación de desechos.

V.3.1 La introducción de la variable ambiental

Uno de los principales puntos de la presente investigación es entender cómo la variable ambiental ha sido introducida a las diferentes variables tecnológicas de la empresa y como se da esta interrelación. En este sentido, en los párrafos siguientes abordaremos el tema de cómo realizar dicha integración, y en su caso, que beneficios tiene para la empresa.

El área de medio ambiente se encuentra presente en la actualidad de manera específica con el departamento de Ecología, Higiene y Seguridad (EHS), dividido en tres especialistas, uno en Ecología, otro en Salud y otro en Seguridad. De esta forma, se desarrollan proyectos (dentro del mismo esquema de grupos multidisciplinarios) de tecnologías ambientales de ciclo cerrado. Caso evidente es el proyecto *Lirio* que busca plantar lirio acuático en los efluentes de descarga de aguas para atrapar el posible remanente de aceite que pudiera encontrarse en dicha agua, dadas las características de absorción de aceites; acto seguido se procedería a la trituración y secado del lirio para su uso alternativo.

El aspecto de seguridad en el trabajo es determinante para las tareas cotidianas y operativas y se han instalado algunos mecanismos para favorecer la cultura de la seguridad, como por ejemplo:

1. Pláticas semanales de EHS por departamento (o gerencia): se cuenta con un cuaderno semanal de pláticas de seguridad de 5 minutos, que debe ser presentado (a manera de lectura) por un integrante del departamento, al resto del personal de toda la planta. Elaboran una minuta y generan recomendaciones sobre el uso ecoeficiente de recursos (ej. fugas o desperdicios de negro de humo, agua, energía eléctrica, etc.)
2. Comportamientos observables buscando reducir accidentes: que tiene por objeto el que el personal identifique en otros (y aprenda por observación) prácticas seguras e inseguras y que documente las acciones que no son acordes con los lineamientos establecidos.

Resulta particularmente interesante que cada departamento de la empresa define sus metas ambientales, lo que refuerza su trabajo sobre desempeño ambiental que muestra que es mas efectivo para la protección del ambiente en la empresa que cada gerente administre el cumplimiento de la variable control ambiental en su departamento, y así los especialistas ambientales pueden generar otro tipo de proyectos, como ocurre en la empresa en estudio, que el departamento EHS motivó diversos proyectos ambientales. Por lo tanto este tipo de prácticas tan sencillas motivan la interacción entre todos los componentes del proceso de aprendizaje ambiental.

V.3.2 Proyectos eco-eficientes en Nhumo

Como parte de su enfoque de eco-eficiencia, Nhumo reutiliza el gas residual de proceso para eliminar el uso de combustibles fósiles. Adicionalmente, ha llevado la proporción de áreas verdes vs. área total de planta desde un 0% hasta 40 % mediante la optimización de espacios y la mejora de los procesos productivos. Los principales objetivos y motivaciones identificadas a partir de las entrevistas y el análisis de la información para realizar mejoras a los procesos son:

- Flujo de capital
- Competitividad del negocio
- Uso eco-eficiente de recursos

Existen algunas prácticas eco-eficientes producto de la búsqueda de oportunidades y sinergias de subproductos con las empresas de la zona, como el hecho de recibir pipas de aceite residual de las fábricas aledañas para mezclarlo con su materia prima, homogeneizarlo e integrarlo a su proceso, lo que contribuye en algún grado al abastecimiento de materia prima sin costos adicionales excepto el de transporte. Además de la notable recuperación de áreas verdes en zonas en donde se depositaban los desperdicios y también de la laguna aledaña.

De manera general se describen a continuación los principales proyectos eco-eficientes de la empresa:

1. Cero descarga de agua residual y uso de superbolsas para filtrado de lodos

El agua utilizada para proceso era recibida y tratada previamente por filtros y ósmosis inversa (OI). Para éste último tratamiento se requiere utilizar agua fresca para retrolavado, misma que posteriormente se convierte en agua residual (70 000 Gal/día). Además se tenía el agua de rechazo de OI (200 GPM) eran convertidos en agua residual. Aunado a lo anterior, se tenía agua residual por concepto de servicios generales (incluida sanitaria) que eran enviadas en su conjunto al mar como corriente de desecho. Se corrigieron fugas y derrames, eficientando el uso de agua e inicio de reciclajes, con las siguientes acciones:

- Reuso de agua en los mismos procesos, en el caso del retrolavado de filtros previos a la OI
- Reuso de agua de rechazo continuo de OI para riego de áreas verdes

- Reuso de agua de proceso y sanitaria en el proceso de fabricación
- Recuperación de lodos de finos de producto mediante la filtración con superbolsas (material de embalaje) eliminando un residuo y concretando sinergia para reciclaje de lodos transformados en material para suela de zapatos.

Dentro de los principales beneficios se tuvieron ahorros por concepto de 320,000 USD, del agua residual que se tiraba al mar (1,630 m³/día) ahora es utilizada en áreas verdes y en el proceso de fabricación. El agua que se deja de consumir favorece la preservación del Ecosistema de la Laguna de la Puerta adyacente a la planta. Con el uso del nuevo material de embalaje para filtrado se tiene una innovación para los sistemas de filtrado y se minimiza la disposición de estos.

2. Eliminación de producto fugitivo por material de empaque

Debido a fallas en el proceso y material de empaque, hasta el año 2000 se manejaba un alto porcentaje de producto fugado que daba a la planta un aspecto de suciedad; por cada tonelada almacenada en los sacos de termofusión se recolectaban entre 7,000 y 14,000 kg/año. De manera cualitativa se podía observar que la entrada a la planta era con traje tipo "A" de seguridad, es decir el totalmente hermético con aire autónomo y aun así al salir la piel quedaba impregnada con el negro de humo que se eliminaba después con jabones especiales.

Se buscaron realizar cambios en el diseño de la bolsa de polietileno, la cual incluso puede ser utilizada junto con el negro de humo por los clientes, es decir, se adiciona el saco como tal en los procesos, así como en el sistema de sellado y en la máquina ensacadora de tal forma que no fugue del sistema de empaque. Lo que condujo a una "notable mejora" que tuvieron en su proceso al minimizar significativamente las emisiones de polvos de su proceso teniéndose beneficios económicos del orden de los 15,000 USD. Además de mejorar la imagen del empaque antes los clientes, evitando fugas de material, tanto en bodegas propias como en la de clientes. Mejora en instalaciones propias y en las condiciones de trabajo.

3. Recuperación de gas residual para generación de vapor

Hasta 1993, todo el gas residual del proceso se liberaba a la atmósfera a través de chimeneas, consumiendo también una gran cantidad de gas natural que se utilizaba para la etapa de secado. Por tanto, se tenían emisiones de CO_x a la atmósfera y se desaprovechaba el poder calorífico remanente del gas residual.

La primera etapa consistió en reusar el gas residual como energético en la etapa de secado de producto, sustituyendo el consumo de gas natural en la operación, durante 1995, quedando pendiente el gas residual que tenía que ser quemado en las chimeneas de campo.

Se planteó entonces el uso de la corriente remanente, que era aprox. 60% del total de gases residuales, por lo que se dejó de quemar gas natural para generar vapor, instalando una caldera que tuviera como combustible dicho gas; se buscó también la relación proveedor-usuario para el consumo de vapor con plantas vecinas, como el caso de INSA y Crompton, ya que Nhumo consume poco vapor, y el resto lo venden a dichas compañías, quienes dejaron de utilizar calderas para producirlo hacia el año de 1999.

Se obtuvo una reducción de consumo de gas natural de 36 millones de m³/año (1996), así como la reducción de emisiones de CO₂ de 48,000 Ton/año. La generación de vapor para comercialización y autoconsumo permite generar flujo de efectivo adicional para el negocio estimado en 2 puntos porcentuales adicionales a sus utilidades de operación. Además, se evita el consumo de gas natural por el equivalente utilizado de gas residual minimizando impacto al ambiente y generación de valor para el negocio.

Dentro de la industria química, desde el año 1993 se tenía conocimiento ya en la literatura especializada, que la cogeneración era viable para eficientar los procesos de la industria petroquímica en general al utilizar los residuos indeseables para producir vapor y electricidad.

En este contexto, en México la generación de electricidad era exclusivamente obligación del estado, lo que hacía que la legislación no permitiera esta actividad a la iniciativa privada, lo que

pudo haber frenado a la empresa a continuar con la trayectoria tecnológica de la cogeneración para solamente realizar el proyecto hasta la etapa de generación de vapor.

A partir de 1995 la cero descarga de efluentes era ya considerada como una alternativa para conseguir un ciclo cerrado en un proceso, reduciendo la demanda de agua para proceso y eliminando los procesos las tecnologías de fin de tubo que sólo remediaban en parte la contaminación del agua, mientras que la cero descarga la evitaba.

Las noticias anteriores podrían mermar el ánimo optimista si pensamos que los proyectos citados trataban de innovaciones radicales a los procesos o incluso eco-innovaciones. Lo que sí es una certeza es que los proyectos ecoeficientes desarrollados por la empresa le ayudaron a construir gradualmente una serie de capacidades que iniciaron de manera mas bien impulsadas por alcanzar el estado del arte de plantas de negro de humo similares en capacidad instalada, tipo de proceso de horno, y tecnología de su socio que le fue permitiendo incorporar este enfoque al darse cuenta de que efectivamente representaba generación de valor, y que le ayudaba a reducir costos e incrementar la eficiencia y la competitividad.

V.4 Construcción de capacidades tecnológicas y administración del conocimiento en Nhumo

La empresa Nhumo ha realizado diversos esfuerzos por hacer uso de sus capacidades productivas y tecnológicas, así como de sus diversas herramientas organizacionales en un intento por orientar su conocimiento para la fabricación de negro de humo grado hulero para administrar su "know how" y "asimilar" la tecnología del tecnólogo y esto se pueda significar en un factor de competitividad y de generación de flujo, como uno de los principales objetivos.

La administración de Nhumo ha encontrado que la administración del conocimiento es un factor importante para la vida productiva de la empresa, en el presente y en un futuro cercano. En este sentido, las políticas corporativas han motivado la aparición de diversas herramientas administrativas y de gestión que han favorecido los procesos de explicitación del conocimiento,

uso de la información y aprendizaje tecnológico en la fabricación de su producto (Tabla V.4). Pero como veremos más adelante, es posible que las capacidades tecnológicas desarrolladas se vean limitadas por factores que inhiben su uso y no le permitirían reconvertirse completamente hacia el nuevo paradigma tecnológico.

Tabla V. 4 Tipos de mejoras, habilidades requeridas e impacto en Nhumo

Tipo de Mejoras	Habilidades para la Innovación	Impacto en Nhumo
<p>Adaptaciones incrementales basadas en conocimiento previo, producto de sinergia de actores clave en proceso con oportunidades tecnológicas y búsqueda de reducción de costo.</p> <p>Innovaciones organizacionales efectivas en su uso y aplicación</p> <p>Mejoras incrementales conocidas en el mundo, pero nuevas para el país y para la empresa.</p> <p>Adaptaciones y simplificaciones de equipo de proceso.</p>	<p>Generación de Ideas</p> <ul style="list-style-type: none"> • Novoideas <p>Capacidad Emprendedora:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Equipos de trabajo • Flexibilidad organizacional • Clima organizacional • Medio innovativo <p>Liderazgo</p> <ul style="list-style-type: none"> • Compromiso de la alta dirección • Gerencias • Líderes de equipos <p>Fuentes de información</p> <ul style="list-style-type: none"> • Archivo tecnológico • Benchmarking • Mapeo de procesos • Capacitación institucional (diplomado) <p>Dirección y seguimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> • SAC • Sistemas de gestión 	<p>Económicos (ahorros sustanciales)</p> <p>Incremento de la eficiencia productiva</p> <p>Desarrollo de capacidades productivas</p> <p>Desarrollo de algunas capacidades tecnológicas</p> <p>Desarrollo de una base mínima de capacidad de absorción de tecnología.</p> <p>Posicionamiento como una empresa social y ambientalmente responsable</p> <p>Mejoras sustanciales en la calidad de vida de trabajadores y entorno.</p> <p>Mejora su imagen ante sociedad, gobierno, clientes y mercados.</p>

Fuente: elaborado por personal de Nhumo

V.4.1 Construcción de capacidades en Nhumo

El tema de la construcción de capacidades tecnológicas y capacidades productivas está íntimamente relacionado con la noción de eficiencia productiva, pues Nhumo por ejemplo, no tiene registrado el cambio en eficiencia cuando se tienen paros en la planta debido a problemas de operación, mantenimiento, o falta de suministro de materia prima. Con el ejemplo anterior se busca mostrar la medida en que la empresa genera prácticas exitosas que se traducen en mejora de la competitividad o la simplificación de procedimientos por un lado; pero también deja de aprovechar oportunidades de aprendizaje tecnológico-ambiental producto de sus propias

estrategias. En el sentido de que la casuística ha imperado sobre la búsqueda de oportunidades de aprendizaje, siendo una de las principales características de las empresas reactivas, que responden a estímulos y generan una gran capacidad de reacción y adaptación a nuevas circunstancias.

Tabla V.5 Elementos presentes en Nhumo asociados con la construcción de capacidades tecnológicas

Eficiencia Productiva	Mejora Continua	Sistemas de Gestión (SAC-SGA)
-Proveedor de calidad -Sistema de competencias -Administración del conocimiento -Optimización de sistemas y procesos	-Benchmarking -Proveedor usuario (interno) -Sugerencias -Mapeo de procesos	-Sistema de Gestión Integral -Administración de seguridad en los procesos -Sistema de propiedad intelectual

Los elementos presentes con que cuenta Nhumo para favorecer su capacidad de absorción y construcción de capacidades tecnológicas se encuentran expresados en la tabla anterior, pero solamente dependerá de la empresa el combinarlos adecuadamente para que de los procesos de interacción y la acumulación de experiencias y conocimiento se parta de esta base existente y se vislumbren nuevas oportunidades tecnológicas.

En este sentido, relacionado con la construcción de capacidades tecnológicas, la empresa en estudio no realiza I+D por la definición de su estrategia tecnológica, pero si tiene dos prácticas que le permitirían establecer esta base existente de conocimiento: los procesos comparativos de producto realizados en el laboratorio de calidad, y los procesos para la producción de nuevos grados de producto o mejora de los existentes.

Al contar con un laboratorio de pruebas certificado por la normatividad mexicana y que domina la técnica para la caracterización fisicoquímica del amplio espectro de grados de negro de humo que fabrica, entonces se han creado las capacidades de caracterización necesarias para realizar procesos referenciales como reingeniería que le permitan tener bien clasificados los productos de la competencia y realizar prácticas de monitoreo tecnológico frecuentes que le permitan incrementar más aún sus capacidades adaptativas, que son en algún grado la antesala para la generación de nuevos productos.

A pesar de que sus procedimientos si cuentan con la noción de desarrollo tecnológico e incluyen el carácter de novedad, esta se encuentra limitada al nivel de la empresa y sólo han sido aplicados al área de procesos, pues Nhumo no cuenta con actividades de diseño y desarrollo de productos dentro de su sistema de gestión debido a que la tecnología y estándares de operación son suministrados por su socio tecnológico, haciendo ajustes o modificaciones a las condiciones de operación necesarias para controlar la calidad del producto lo que nuevamente limita el uso de sus capacidades construidas a partir de la producción y el conocimiento del producto. En el caso de la empresa en estudio, al no realizar esfuerzos de I+D parecería que se están desaprovechando su capacidad para integrar sus herramientas administrativas (sistemas de gestión), su probada capacidad de planeación estratégica (observación obtenida de las entrevistas) para la obtención de una integración de una estrategia tecnológico-ambiental con miras a la eco-innovación y la generación de valor.

Las capacidades de Nhumo muestran que están a punto de "saltar" de las capacidades productivas y tecnológicas a las innovativas, pero para que esto suceda, la empresa debería favorecer la generación de conocimiento propio.

La estrategia tecnológica de Nhumo esta definida como de "seguidor rápido" de su socio tecnológico, de quien obtienen los beneficios de la transferencia de información tecnológica de parte del líder de tecnología para la fabricación de negro de humo en el mundo: Cabot. Esta decisión estratégica tiene un carácter de joint venture, pues el socio tecnológico posee el 40% de la empresa y su origen parece estar fundamentado en una decisión estratégica de nivel corporativo.

La realidad actual de la estrategia tecnológica de Nhumo pareciera situarlo en especie de dualidad, primero el plano reactivo, al definirse como seguidor rápido con características de empresa activa pues domina el estado del arte de la producción de negro de humo grado hulero y segundo, con elementos de atado al tecnólogo como receptor de tecnología de Cabot , pues una paradoja del uso de la información tecnológica es que si la empresa no solicita la información tecnológica a su socio, éste último no la proporciona de manera rápida. Este tipo de

prácticas de parte de los tecnólogos pudiera ser una de las causas por las que las empresas que tienen contratos tecnológicos con tecnólogos, nos permite entender algunas de las limitantes actuales de la empresa Nhumo en el tema de la construcción de capacidades tecnológicas, a cambio de la gran construcción de capacidades productivas, pues el apoyo del tecnólogo en la producción y búsqueda de la competitividad siempre ha estado presente a lo largo de la trayectoria de la empresa, no así la total colaboración en el desarrollo de nuevos productos (incluso para el mercado) que limita la capacidad de absorción el limitado uso de las capacidades innovativas que Nhumo ha desarrollado en procesos y organizacionalmente para impactar en innovaciones tecnológicas.

Luego entonces, para una empresa con capacidades productivas y tecnológicas desarrolladas en cierta medida, entre empresas atadas a tecnólogo, valdría la pena cuestionarse si resultaría pertinente intentar moverse a un plano innovativo cuando históricamente las mejoras incrementales le han dado beneficios.

Nhumo no realiza I+D, pues como ya se vio cualquier información relacionada con este tema puede ser solicitado a su socio tecnológico, y sólo se limita a desarrollar algunos productos diferenciados determinados por los requerimientos de los clientes y el mercado que su tecnología instalada le permite producir bajo ciertas modificaciones de proceso.

En este mismo sentido, lo que si tiene definido Nhumo es una permanente estrategia de mejora continua, búsqueda de oportunidades y reducción de costos (mediante la reducción de equipos), pues de esta manera realiza cambios en su proceso productivo que busquen incrementar su competitividad. Que aunado a otros procesos como el benchmarking y la reingeniería, los proyectos desarrollados bajo la metodología de team technology y la definición de las estrategias de negocio, tiene un espectro de posibilidades de desarrollo de mejoras incrementales de proceso finitas, determinadas por la trayectoria tecnológica de su proceso que se detendrá en el momento en que se tenga un ciclo cerrado dada la total recuperación de la energía, que es una variable crítica.

El tema de las patentes y el sistema de propiedad intelectual resultaría vital dentro de una dinámica eco-innovativa, pero la realidad de la empresa es que ha dejado de aprovechar este tipo de forma de explotación comercial de las innovaciones puesto que no está facultado dado el contrato tecnológico.

Con relación al futuro de las innovaciones de proceso, dado que la principal variable de control es la energía, se tienen entonces oportunidades de mejora en este sentido. De forma tal que la pérdida de energía por radiación, convección, etc podría ser recuperada. La empresa ya está al tanto de ello, prueba es el diagnóstico energético realizado, pero el gran riesgo que se volvería a correr es la pérdida de oportunidades de aprendizaje para poder capitalizar el desarrollo de innovaciones incrementales en proceso. Esto es, si no se cuenta con una estrategia de innovación, entonces se pueden tener el mismo resultado de los proyectos anteriores, que sólo permitirán el aprendizaje tecnológico en el plano individual y la organización no obtendría el total beneficio de ello.

Por lo anterior, convendría replantearse de que manera deberían llevarse los proyectos de innovación en la empresa de tal forma que se favorezca el aprendizaje, y no sólo se tengan memorias de proyectos que muestren todos los cálculos de ingeniería y las especificaciones de cada uno de los equipos. Sino que sea una verdadera herramienta de "lecciones aprendidas" con un proceso de evaluación e interiorización del conocimiento a través del uso de la información y la interrelación con los demás individuos.

CONCLUSIONES

1. La trayectoria tecnológica adoptada por diversos sectores industriales esta muy relacionada con la capacidad institucional para facilitar o inhibir, según sea el caso, comportamientos económicos estratégicos. La política ambiental de México se ha conducido desde su origen mediante instrumentos de comando control, con acciones de regulación directas, inhibiendo con esto la capacidad innovadora de las empresas, básicamente porque es mas barato adaptar sistemas de control que reconvertir procesos.
2. El contexto en el que se encuentra nuestro país recibe simultáneamente influencias de fuerzas externas tales como la economía global, los compromisos internacionales de cumplimiento, que sin duda obligan a mantener una posición clara ante los aspectos ambientales.
3. El crecimiento del sector industrial en México, dio como resultado el incremento del desorden ambiental, lo que se tradujo en el crecimiento de la normatividad en la materia, sin embargo la legislación se enfocó en exigencias de control de la contaminación, bajo el principio de "*el que contamina paga*", específicamente los primeros esfuerzos se dirigieron a promover el confinamiento como método de disposición final, el cual esta lejos de promover la mejora de los procesos industriales. El mensaje de las autoridades fue; controla la salida de contaminantes, y así se recibió el mensaje, desencadenándose un mercado ambiental dirigido a la tecnologías de control de la contaminación, como lo señalan las cifras del capítulo IV.
4. El mercado ambiental quedó dominado por tecnologías de importación, que eran sensibles a las variaciones del tipo de cambio, obligando a las empresas a adquirir deudas en moneda extranjera, dejándolas vulnerables a cualquier desestabilización económica de los mercados cambiarios.

5. La disponibilidad de equipo de control de la contaminación en el mercado limitó a la industria a desarrollar soluciones de ingeniería de procesos que resolviera este problema, la innovación y el desarrollo tecnológico prácticamente fue nulo.
6. Uno de los principales obstáculos que ha impedido a la industria mexicana mejorar en su desempeño ambiental, son la falta de financiamientos accesibles para éste rubro, cuando se sabe que la mejora de desempeño ambiental no siempre va de la mano con el ahorro de costos, especialmente al inicio de un programa de mejora, lo cual es difícil de justificar. Sin embargo, la empresa NHUMO comprobó que la mejora de desempeño ambiental simultáneamente incrementa la productividad, reduce los costos, y eleva la competitividad, ésta ha sido una de las pocas las empresas pro-activas que se iniciaron en la Producción + Limpia y el desarrollo de soluciones ecoeficientes.
7. Otro obstáculo que la industria enfrenta es la barrera de la autoridad ambiental, aunque ha habido progresos significantes en el desarrollo e implementación de las políticas e instrumentos ambientales, el actual marco regulatorio de la industria mexicana tiene varias deficiencias. Estas incluyen; huecos o brechas regulatorias y otros áreas con sobre-regulación, falta de una eficiente coordinación entre agencias gubernamentales (las cuales provocan duplicidad de funciones y requisitos), y un ineficiente sistema de información. Estas deficiencias han representado para la pequeña y mediana empresa (PYMES) un verdadero obstáculo, mientras que las grandes empresas han resuelto este problema capacitando a su personal y en muchos casos manteniéndose muy cerca de las autoridades para estar al tanto del desarrollo del marco regulatorio y evitar que sean presa de una normatividad excesivamente estricta.
8. Queda de manifiesto que un **motor clave para la mejora del desempeño ambiental** ha sido la implementación de programas voluntarios, algunos promovidos por asociaciones industriales privadas (Responsabilidad Integral),

otras promovidas por organismos internacionales (ISO) y las ofrecidas por la propia autoridad (Industria Limpia), dichos programas presentan como principal atractivo la certificación del comportamiento ambiental, siendo las empresas acreedores a un reconocimiento público. Es muy claro que para la industria la primera motivación para adoptar iniciativas voluntarias de mejora de desempeño ambiental es debido al **elemento económico**, la segunda razón es **la imagen** y en tercer lugar la razón es el cumplimiento normativo y la anticipación a reglamentaciones mas estrictas.

9. Para el caso NHUMO, se concluye que es una compañía proactiva, en cuanto al liderazgo, muestran responsabilidad, iniciativa y tienen buena relación con la comunidad y los especialistas en la materia. Usualmente va más allá de las regulaciones estatales. Otra característica importante de este grupo es que establecen estrategias de corto y mediano plazo por medio de las cuales pretenden anticiparse a las nuevas regulaciones, nuevos mercados y a las demandas de los especialistas. Ahora requieren tomar acciones cada vez más arriesgadas, dada su alianza con Cabot, especialmente estimulando la eco-innovación que mejore el desempeño ambiental y que a su vez lo mantenga en el liderazgo competitivo del mercado global del negro de humo y le permita dar el salto de segador a innovador.

En resumen; la industria en México dispone de un conjunto de instrumentos regulatorios y voluntarios para la mejora del desempeño ambiental, que cuentan con indicadores de desempeño y que son auditables, pero sin embargo esto **no ha provocado el salto hacia la innovación y mejora tecnológica continua de las empresas.**

REFERENCIAS

1. Gunn, A. S., y P.A. Vesilind; *Environmental Ethics for Engineers*. Lewis publishers, Florida US, pp 22, 1986
2. World Commission on Environment and Development. *Our Common Future*. Oxford University Press. Oxford UK, 1998
3. Hardin, Garrett; *The Tragedy of the Commons*. Science, Vol. 162, pp 1243-1248, December 1968
4. Organización Internacional del Trabajo. *Convenio sobre la Prevención de Accidentes Mayores*. (No. 174), Ginebra 1993
5. LaGrega D. M., *Hazardous Waste Management*, Mc. Graw Hill, USA 1994
6. Tsu baki, T., *Minamata Disease Studies*, Kodansha Ltd., Tokyo 1977
7. Dunckel, A. E., *An Updating on the Polibrominated Biphenyl Disaster in Michigan*, J. Am. Vet. Med. Asso. Vol. 167, pp 838-43, 1975
8. Carson, R. *Silent Spring*, Boston, Massachusetts, Houghton Mifflin Co. 1962
9. Manara L., *La Dioxina de Seveso*. Leonardi, A., La difesa della salute. Mondador A. (ed.), Italia Nostra, Milano, 1978
10. Lepkowski, W., *The legacy of Bhopal*. UNEP Industry and Environment. July/August/September, pp. 18-20, 1988
11. UNEP División of Technology, Industry and Economics, *2000 Activity Report*, UN, Geneva Switzerland
12. *Registro de Tratados y Acuerdos Internacionales Relativos al Medio Ambiente*, PNUMA, Nairobi, 1993
13. *Sustainable Development: OECD Policy Approaches for the 21st Century*, OECD, 1997
14. Urquidi, Víctor, *Globalización y Desarrollo Sustentable; Instrumentos y Políticas; Economía Ambiental Lecciones de América Latina*. INE/SEMARNAP, Colegio de México, 1997
15. *Promoción de la Prevención y Reducción de Riesgos Químicos Ambientales*, SEMARNAP/INE, México, 1999
16. (<http://www.members.tripod.com>)

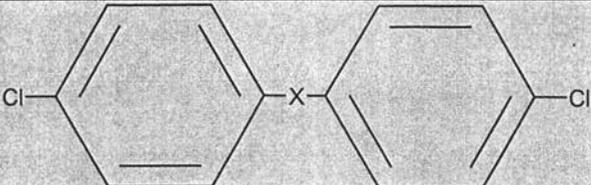
17. http://www.nrcan.gc.ca/cfs/crc/spanish/docs_s/keytrm_s.htm
18. Field, B.. *Economía Ambiental*. Santafé de Bogotá: Mc Graw-Hill, 1998
19. De Lora, *Técnicas de defensa del medio ambiente*, Vol. 1, Labor S. A., Barcelona 1978
20. Hernández A., *Depuración de aguas residuales*, Paraninfo S. A. , Madrid 1990
- Hocking M., *Handbook of Chemical Technology and Pollution Control*, Academic Press, USA 1998
21. MAPFRE, *Manual de Contaminación Ambiental*, ITSEMAP Ambiental, Fundación MAPFRE, Madrid , España 1994
22. Allen D. y Sinclair K., *Pollution Prevention for Chemical Processes*, John Wiley & Son, USA 1997
23. Jiménez C.B., *La contaminación ambiental en México*, LIMUSA, México 2001
24. Glynn H. J. y Heinke G.W., *Ingeniería Ambiental*, Prentice Hall, México 1998
25. PUMA, *Gestión de Residuos Peligrosos*, UNAM, México 2002
26. UNEP World Business Council for Sustainable Development, *Cleaner Production and Eco-efficiency*, UNEP, WBCSD, 1998
27. OECD. *Encouraging Environmental Management in Industry*. OECD. Paris, 2001
28. Estrada Orihuela S., *Diagnóstico Tecnológico Integral para impulsar la mejora tecnológica continua y la innovación tecnológica en empresas mexicanas*, UNAM (Derechos de autor en trámite 03-2002-080911401200-01)
29. Environmental Business International Inc. *The Global Environmental Market and United States Environmental Industry Competitiveness*. San Diego, California, 1995
30. Rosenberg, N.. *Technology and the environment: an economic exploration. Perspectives on Technology*. Cambridge University Press. Cambridge. pp 213-228. 1976
31. Roberts, E. *Benchmarking the strategic Management of Technology I, II* Industrial Research Institute. U.E. 1995
32. *Environmental Policies and Industrial Competitiveness*, OCDE, París, 1994

33. Jiménez C. B., La contaminación ambiental en México, LIMUSA, México D.F. 2001
34. Gutiérrez M. E., Los residuos sólidos peligrosos ¿Un riesgo sin solución?, Revista Ciencias No. 20 octubre, México D.F. 1990
35. Evolución de la Política Nacional de Materiales Peligrosos, Residuos y Actividades Altamente Riesgosas, SEMARNAP-INE, México D.F. 2000
36. Sustainable Development: OECD Policy Approaches for the 21st Century, OECD, 1997
37. Environmental Strategy for the First Decade of 21st Century. OECD. Paris, 2001
38. Promoción de la prevención y reducción de riesgos químicos, SEMARNAP-INE, México D. F. 1999
39. Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000, SEMARNAP-INE, México D.F. 1996
40. Ruesga S. y Duran G., *Empresa y Medio Ambiente*, Ed. Pirámide, Madrid, España 1995
41. Espinosa L., *Programa de Responsabilidad Integral*, Gestión Ambientalmente Racional de las sustancias Químicas desde la Perspectiva de la Industria, INE/SEMARNAP, México 1997
42. Programa Nacional de Auditorías Ambientales, Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), México 2002
43. Finger M. Y Tamiotti L., *New Global Regulatory Mechanism and the Environmental: The Emerging Linkage between WTO and ISO*, IDS Bulletin, 30 No.3, UK
44. CÉSPEDES, Industria y Medio Ambiente, Consejo Mexicano de Inversionistas Ambientales, México D. F. 1999
45. Charnovitz, Environmental Trade Measures and Economic Competitiveness: an Overview of the Issues, Environmental Policies and Industrial Competitiveness, OCDE, Paris 1994
46. OCDE, Technologies for Cleaner Production and Products, Towards Technological Transformation for Sustainable Development, Paris 1995

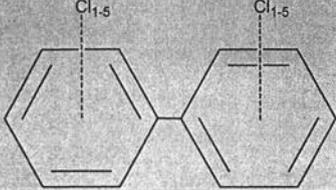
47. COMIA, Áreas de Oportunidad en el sector ambiental de la economía, Consejo Mexicano de Inversiones Ambientales, México, 2000
48. ComExt, Comercio Exterior, Banco Nacional de Comercio, Vol. 46, No. 10, México 1996
49. ComExt, Comercio Exterior, Banco Nacional de Comercio, Vol. 45, No. 10, México 1995
50. R. Constantino, Encuesta de los Mercados de Tecnología Ambiental en México, UAM, 1995
51. SECOFI, Tarifa arancelaria de importación, DGIE, México 1996
52. SEDESOL, G. Quadri, Políticas ambientales para una ciudad sustentable, México, 1992
53. E. de Alba y C. Cortinas, Reflexiones sobre la ciencia y la tecnología para gestión ambiental, Revista de Administración Pública No. 84, INAP, México, 1994
54. Guerra L. M., ¿Qué hacer para obtener financiamiento para equipo de control ambiental?, Revista Industria Ambiental, Vol. 1 No. 6, Diciembre México, 2000
55. Bases Conceptuales y de Diagnóstico del Programa para la Prevención y Manejo Integral de Residuos Peligrosos; Comisión Metropolitana/SEMARNAT; México 2002
56. www.desc.com.mx
57. www.nhumo.com.mx
58. www.cabot-corp.com
59. AISTAC y CEDES-Golfo de México, *Taller de Ecoeficiencia*. AISTAC Tampico, México 2002

APÉNDICE I

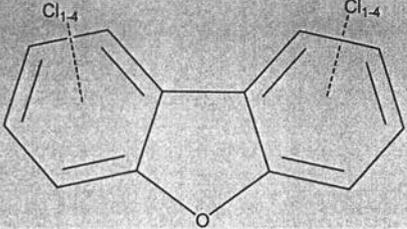
Formulas Químicas

DDT	 <p>DDT, DDE, DDD (X = CH-CCl₃; C=CCl₂; CH-CHCl₂)</p>
Información química	<p>CAS: 50-29-3 Fórmula molecular: C₁₄H₉Cl₅ Peso molecular: 354.49</p>
Persistencia	<p>Vida media: 4.2-12.5 días (aire) 0.34-1.14 años (agua) 1.1-3.4 años (suelo)</p>
Propiedades relacionadas a su transporte ambiental	<p>Constante de la ley de Henry: $1.29 \times 10^{-5} \text{ atm}^{-3} / \text{mol}$ a 23°C Presión de vapor: $1.6 \times 10^{-7} \text{ mm Hg}$ a 20°C Solubilidad en agua: 1.2-5.5 µg/L a 25°C</p>
Bioacumulación	<p>Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 10^{6.19} BAF/BCF: 1800000</p>
Toxicidad aguda	<p>DL₅₀ Oral: 87 mg/Kg DL₅₀ Cutanea: 1931 mg/Kg (conejos)</p>
Toxicidad crónica	<p>Dosis de referencia: $5 \times 10^{-4} \text{ mg/Kg / día}$ (UF=100)</p>
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Insecticida de amplio espectro en varios cultivos. ▪ La mayor parte de sus usos cancelados en 1972. Todos sus usos cancelados desde 1989.
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción: China e India. ▪ Insecticida utilizado en al menos 25 países para el control de insectos vectores de enfermedades humanas, particularmente la malaria. Utilizado en la producción de Difocol.
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso solo permitido para campañas sanitarias por las dependencias del gobierno federal.

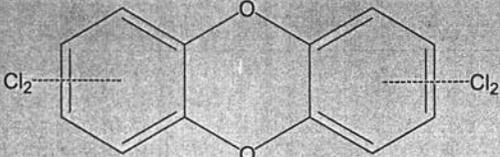
Fuente: USEPA, Office of Research and Development, 2002

Bifenilos Policlorados	
Información química	<p>CAS: 11097-69-1 Fórmula molecular: $C_{12}Cl_{(x+y)}$ Peso molecular: 328 (va de 188.7-498.7)</p>
Persistencia	<p>Vida media: 4.2 días (aire) 5.7 años (agua) 1.14 años (suelo)</p>
Propiedades relacionadas a su transporte ambiental	<p>Constante de la ley de Henry: $2 \times 10^{-3} \text{ atm}^{-3}/\text{mol}$ a 25°C Presión de vapor: $7.71 \times 10^{-5} \text{ mm Hg}$ a 25°C Solubilidad en agua: $57 \mu\text{g/L}$ a 24°C</p>
Bioacumulación	<p>Kow (coeficiente de partición octanol-agua): $10^{6.5}$ BAF/BCF: 3000000</p>
Toxicidad aguda	<p>DL_{50} Oral: 1010 mg/Kg</p>
Toxicidad crónica	<p>Dosis de referencia: $2 \times 10^{-5} \text{ mg/Kg /día}$ (UF=300) bajo revisión</p>
Historial de usos en los Estados Unidos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Uso permitido si se encuentra en equipos (transformadores) existentes; destrucción adecuada después de finalizado el tiempo de vida del equipo.
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Producción descontinuada. ▪ No existen registros de usos nuevos; existente en equipos y productos en existencia. ▪ Se reporta su uso en un país como ectoparasitida.
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Regulado por la Norma Oficial Mexicana NOM-133-ECOL-2000, Protección ambiental-Bifenilos policlorados (BPC's)-Especificaciones de manejo.

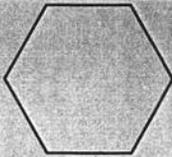
Fuente: USEPA, Office of Research and Development, 2002

<p>Dibenzo-p-Furanos-Policlorados</p>	
<p>Información química</p>	<p>CAS: 51207-31-9 Fórmula molecular: C₁₂H₄Cl₄O Peso molecular: 306.0</p>
<p>Persistencia</p>	<p>Vida media: 1.6-10 días (aire) 0.005-1.62 años (agua) 1-3 años (suelo)</p>
<p>Propiedades relacionadas a su transporte ambiental</p>	<p>Constante de la ley de Henry: 8.6 x 10⁻⁶ atm⁻³/mol Presión de vapor: 1.5 x 10⁻⁸ mm Hg Solubilidad en agua: 0.483 µg/L</p>
<p>Bioacumulación</p>	<p>Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 10^{6.5}</p>
<p>Producción y uso internacional</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incineración de residuos médicos y municipales. ▪ Quema de patio. ▪ Manufactura y blanqueo de papel. ▪ Ciertos procesos térmicos de la industria metalúrgica. ▪ Algunos procesos de fabricación de sustancias como el 2,4,5-triclorofenol (actualmente cesado).
<p>Estatus en México</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las dioxinas y furanos están incluidas en los proyectos de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-040-ECOL-2001, Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico-Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera; y PROY-NOM-098-ECOL-2000, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

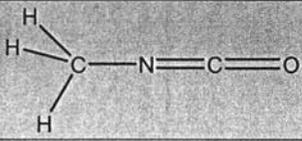
Fuente: USEPA, Office of Research and Development, 2002

Tetracloro dibenzo-p-Dioxinas	
Información química	CAS: 1746-01-6 Fórmula molecular: C ₁₂ H ₄ Cl ₄ O ₂ Peso molecular: 322.0
Persistencia	Vida media: 4.2-12.5 días (aire) 0.11-0.34 años (agua) 0.34-1.1 años (suelo)
Propiedades relacionadas a su transporte ambiental	Constante de la ley de Henry: $1.6 \times 10^{-5} - 1 \times 10^{-4} \text{ atm}^{-3} / \text{mol a } 25^{\circ}\text{C}$ Presión de vapor: $1.5 \times 10^{-9} - 3.4 \times 10^{-5} \text{ mm Hg a } 25^{\circ}\text{C}$ Solubilidad en agua: 0.019 µg/L a 25°C
Bioacumulación	Kow (coeficiente de partición octanol-agua): 10 ^{6,9} BAF/BCF: 130000
Toxicidad aguda	DL ₅₀ Oral: 5051 mcg/Kg (hamster) DL ₅₀ Oral: 22-165 mcg/Kg (rata) DL ₅₀ Oral: 4.2 mcg/Kg (mink) DL ₅₀ Oral: 0.6 mcg/Kg (cerdo de guinea)
Toxicidad crónica	Bajo revisión
Producción y uso internacional	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incineración de residuos médicos y municipales. ▪ Quema de patio. ▪ Manufactura y blanqueo de papel. ▪ Ciertos procesos térmicos de la industria metalúrgica. ▪ Algunos procesos de fabricación de sustancias como el 2,4,5-triclorofenol (actualmente cesado).
Estatus en México	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Las dioxinas y furanos están incluidas en los proyectos de Norma Oficial Mexicana PROY-NOM-040-ECOL-2001, Protección ambiental-Fabricación de cemento hidráulico-Niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera; y PROY-NOM-098-ECOL-2000, Protección ambiental-Incineración de residuos, especificaciones de operación y límites de emisión de contaminantes.

Fuente: USEPA, Office of Research and Development, 2002

Ciclohexano	
Nombres adicionales	Hexahidrobenceno, hexametileno, hexanafteno
Información química	CAS: 110-82-7 Fórmula molecular: C ₆ H ₁₂ Peso molecular: 84.16
Propiedades	Líquido inflamable con olor a solvente. Densidad = 0.7781 Punto de fusión = 6.47 °C Punto de ebullición (760 mmHg) = 80.7°C Punto de inflamación = - 18°C Límites de inflamabilidad en aire = 1.3-8.4 % v/v Índice de refracción nD20 = 1.4264
Propiedades relacionadas a su transporte ambiental	Solubilidad en agua: 0.0052% a 23.5°C Miscible con etanol, éter etílico, acetona y tetracloruro de carbono
Toxicidad aguda	LC Respiratorio: 60-70 mg/L aire (ratón)
Precauciones	Irritación de ojos, piel y sistema respiratorio, dermatitis, narcosis y coma.
Usos	Solvente en lacas y resinas; removedor de pintura y barniz; en la extracción de aceites esenciales; en la fabricación de ácido adípico, benceno, cloruro de ciclohexilo, fungicidas, etc.

Fuente: MERCK Index, 2003

Metil-isocianato	
Nombres adicionales	MIC
Información química	CAS: 624-83-9 Fórmula molecular: C ₂ H ₃ NO Peso molecular: 57.06
Propiedades	Líquido incoloro. Punto de fusión = - 45 °C Punto de ebullición = 39.5°C Presión de vapor = 348 Torr a 20°C
Propiedades relacionadas a su transporte ambiental	Solubilidad en agua: 10% a 15°C
Toxicidad	Límite de referencia de exposición por inhalación: 1 µg/m ³ (0.5 ppb)
Precauciones	Órganos blanco: Sistema respiratorio y sistema reproductivo. Los efectos críticos observados son la baja de peso y el incremento en patologías del pulmón.
Usos	Se utiliza como intermediario en la síntesis orgánica, particularmente en la síntesis de plaguicidas basados en carbamato. Se ha detectado en el humo de algunas marcas de cigarro.

Fuente: *Determination of Noncancer Chronic Reference Exposure Levels Batch 2B, December 2001*