



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS POLÍTICAS Y SOCIALES

“EL EFECTO *BOOMERANG* ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE: EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA. LA BIOTECNOLOGÍA BLANCA COMO UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DEL DETERIORO AMBIENTAL”

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE LICENCIADO EN RELACIONES INTERNACIONALES

PRESENTA:

**BUENROSTRO AGUILAR HUGO JAVIER
NÚMERO DE CUENTA: 405061954**

**MEOLI JIMÉNEZ GABRIELLA ISABEL
NÚMERO DE CUENTA: 302122105**

ASESOR:

DR. LEOPOLDO AUGUSTO GONZÁLEZ AGUAYO



MÉXICO, D. F.

2009



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

"La gratitud es la memoria del corazón"

-Jean Baptiste Massieu-

Una meta nos hemos fijado, y hemos luchado por ella con gran esfuerzo y tenacidad, ante las adversidades y los desalientos colocamos todo nuestro empeño, todas nuestras fuerzas y nuestras esperanzas. Pero debemos recordar que a la meta nunca se llega sólo sino todo lo contrario, la verdadera clave del éxito proviene de la gente que extiende su mano amiga, que abre sus puertas, y brinda su ayuda y pone toda su fe en nuestro trabajo pues comparte nuestro empeño para liberar al hombre de las cadenas de la ignorancia.

Como señaló Karl Marx alguna vez: "el conocimiento no es el resultado de un sólo individuo", con ello queremos indicar que es gracias a varias personas que al haberse cruzado en nuestro camino, de manera permanente o pasajera, y al haber tenido grande o poca influencia, permitieron orientar nuestros caminos, conocimientos e intereses, permitiendo ampliar nuestros horizontes de vida y pensamiento, formando de ese modo los individuos que ahora somos.

Agradecemos así a nuestros padres y abuelos, Ivonne Aguilar, Saverio Meoli Rossi, Matilde Meoli, Hugo Buenrostro, Rafael Osorio, Eugenia Negrete y Víctor Aguilar, por haber sido nuestros más grandes pilares, que nos dieron amor y nuestra primera formación como individuos, como personas responsables y capaces de aportar lo mejor a nuestra sociedad.

A nuestros hermanos Cynthia, Saverio y Sara que nos brindaron el ánimo necesario en momentos de incertidumbre y flaqueza; asesorándonos en conocimientos ajenos a nuestra área, y que sin su apoyo no habría sido posible entender y visualizar desde otros planos el tema de nuestra investigación.

Reconocemos la calidad de nuestros maestros, que además de ser nuestros tutores son nuestros amigos, quienes nos brindaron sus conocimientos, su apoyo espontáneo y generoso y una expresión constante de su ser. Al Dr. Leopoldo González Aguayo, al Mtro. Alfredo Córdoba Kuthy, a la Dra. María de los Ángeles Sánchez Noriega Armengol, al Dr. José Eusebio Salgado y Salgado, a la Dra. Graciela Arroyo Pichardo, a la Mtra. Mayra Díaz López y a la Dra. María del Pilar Ostos Cetina, por su ejemplar generosidad que hizo posible realizar la investigación que hoy culmina en esta tesis.

Todos y todas nos aportaron su tiempo y paciencia, sus comentarios y reflexiones, pero principalmente sus grandes enseñanzas; que nos estimularon nuestro pensar más allá de las ideologías y parámetros establecidos por la costumbre y la sociedad, con lo cual no únicamente nos permitieron desarrollar este proyecto de investigación, sino que nos formaron como profesionistas, aptos para servir a nuestra sociedad, preparándonos para enfrentarnos al mundo laboral y a la vida cotidiana. Sí, a la vida, que se dice fácil, pero que es un ámbito que con el paso del tiempo ha requerido de gente más preparada para afrontar los problemas que aquejan al mundo actual.

No podemos dejar de mencionar la inigualable calidez con la que el personal de la Biblioteca Central de Petróleos Mexicanos “Lic. Jesús Reyes Heróles”, y su hemeroteca; y el personal de la Biblioteca del Instituto Mexicano del Petróleo nos atendieron y proporcionaron materiales clave para esta investigación; a todos ellos gracias, por su tiempo, por su labor diaria, digna de todos los reconocimientos, que para muchos pasa desapercibida, pero para nosotros fue pieza clave y de inigualable importancia.

Del mismo modo hacemos mención del papel de nuestros amigos, quienes nos ayudaron a progresar de muchas maneras, quienes nos hicieron ver nuestras limitaciones y nuestras virtudes, que con su apoyo incondicional nos permitieron

trascender, permaneciendo junto a nosotros en momentos gratos y no gratos, sin embargo siempre estuvieron allí para extender su mano amiga sin la cual no somos nada.

Tenemos tanto que agradecer y tantas razones para hacerlo, por ello reciban todos y cada uno de Ustedes nuestro reconocimiento y eterna gratitud; y recuerden que es venturoso todo aquel que en su trabajo encuentra la clave del éxito.

GABRIELLA I. MEOLI JIMÉNEZ
HUGO J. BUENROSTRO AGUILAR

**EL EFECTO BOOMERANG ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL
MEDIO AMBIENTE: EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA. LA
BIOTECNOLOGÍA BLANCA COMO UNA ALTERNATIVA SUSTENTABLE PARA LA
SOLUCIÓN DEL PROBLEMA DEL DETERIORO AMBIENTAL.**

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.	10
MEDIO AMBIENTE, PETRÓLEO Y BIOTECNOLOGÍA EN LAS RELACIONES INTERNACIONALES.	21
I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA PRODUCTIVO CAPITALISTA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.	33
1.1 Bases teóricas del medio ambiente.	36
1.1.1 Determinación del medio ambiente a partir de la relación Hombre – Naturaleza.	38
1.1.2 Globalización de la contaminación y globalización ambiental.	41
1.1.3 Problemas actuales del medio ambiente.	42
1.2 Bases teóricas del sistema productivo industrial.	50
1.2.1 Globalización económica.	50
1.2.2 Industrialización: características e impacto ambiental.	55
1.2.3 Conceptos explicativos de la dinámica social capitalista.	57
1.2.4 Conceptos explicativos de la dinámica empresarial.	60
1.3 Bases jurídicas entorno a la regulación ambiental	61
II. EL EFECTO <i>BOOMERANG</i> ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE. EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA.	76
2.1 Efecto <i>boomerang</i> : definición y aplicación al campo ambiental.	76

2.2 El sistema productivo industrial y sus efectos sobre el medio ambiente.	79
2.2.1 Formas de contaminación.	82
2.2.2 El caso específico de la industria petrolera.	83
2.2.2.1 Generalidades de la industria petrolera.	83
2.2.2.2 Contaminación generada por la industria petrolera.	90
2.2.2.2.1 Emisiones en la atmósfera.	93
2.2.2.2.2 Contaminación del suelo.	98
2.2.2.2.3 Contaminación del mar.	100
2.2.2.2.4 Análisis de la contaminación por la industria petrolera.	102
2.3 Cerrar el ciclo del <i>boomerang</i> . Impacto del calentamiento global en la industria petrolera.	103
2.3.1 Huracanes e inundaciones.	105
2.3.2 El Deshielo de los polos y el debilitamiento de la capa de permafrost.	114
2.3.3 Aumento del nivel del mar.	122
2.4 Efectos en la economía internacional.	131
2.4.1 Efectos en el precio del petróleo.	132
2.4.2 Efectos en otros sectores.	136
III. BIOTECNOLOGÍA EN EL CONTEXTO DEL DESARROLLO SUSTENTABLE: LAS APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA BLANCA EN LA INDUSTRIA PETROLERA.	139
3.1 Generalidades sobre la biotecnología.	141
3.2 Evolución de la biotecnología.	144

3.3 Tipos de biotecnología.	152
3.3.1 Biotecnología industrial.	159
3.3.2 Biotecnología blanca como una alternativa para la solución de los problemas ambientales.	161
3.3.2.1 Biotecnología industrial aplicada a la industria petrolera.	166
3.3.2.1.1 Biorremediación.	169
3.3.2.1.2 Biorrefinación.	177
3.3.2.1.3 Biopetroquímica.	178
3.4 Desarrollo de la biotecnología a nivel mundial.	179
3.4.1 La biotecnología en los países desarrollados.	181
3.4.2 La biotecnología en los países en vías de desarrollo.	184
3.5 Biotecnología industrial: beneficios empresariales y ambientales dentro de un marco de sustentabilidad.	187
3.5.1 Viabilidad del uso de la biotecnología industrial en función del desarrollo sustentable.	187
3.5.2 Desarrollo de la industria petrolera a partir de un análisis de la existencia de un “agotamiento” de las reservas mundiales.	190
3.5.3 Beneficios de la biotecnología en función a la deuda ecológica.	194
3.5.4 Viabilidad del uso de biotecnología conforme al proceso de producción actual.	196
3.5.5 Análisis de la viabilidad de la biotecnología Industrial aplicada a la industria petrolera a partir de sus beneficios capitalistas en un marco de sustentabilidad.	201
CONCLUSIÓN.	207
ANEXOS.	217
BIBLIOGRAFÍA.	240

ÍNDICE DE TABLAS

Derivados de la industria petrolera.	87
Clasificación de los productos petroleros.	88
Impactos ambientales de la industria petrolera.	90
Clasificación de fuentes de emisión.	94
Características físicas del hielo sobre la tierra.	123
Fases de la biotecnología.	145
Hitos de los procesos biotecnológicos en la antigüedad.	146
Bacterias utilizadas en los procesos de bioremediación.	175
Metas de la biotecnología del petróleo.	179
Modelos de apoyo al desarrollo de la biotecnología.	181
Importaciones y exportaciones de los países en vías de desarrollo.	186
Áreas prioritarias del desarrollo de la biotecnología en México.	186
Localización de las bacterias utilizadas en los procesos de biotecnología industrial aplicada a la industria petrolera.	202

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Reservas probadas al 2008.	28
1000 años de cambios en las emisiones de carbono.	49
El efecto <i>boomerang</i> entre medio ambiente y el sistema productivo.	78
Refinería petrolera.	85
Distribución temporal de los procesos de un derrame de crudo.	101
Temperatura de la superficie oceánica y el incremento de la fuerza de los huracanes.	106
Daños causados por huracanes en la industria petrolera.	108
Deshielo de los casquetes polares.	115
Infraestructura en riesgo para 2050 debido al deshielo del permafrost.	118

Días de viaje en la tundra invernal de Alaska.	120
Áreas costeras árticas susceptibles a la erosión.	121
Aumento del nivel del mar observado y registrado.	124
Refinerías petroleras a nivel.	126
Aumento del nivel del mar.	126
Precios de petróleo.	134
Cruce de disciplinas que dan origen a la biotecnología.	144
Áreas de interés en biotecnología.	158
Modelo de crecimiento económico basado en la tecnología.	165
Desarrollo de la biotecnología del petróleo.	168
Ubicación de centros de investigación de biotecnología y sus monopolios.	182
Demanda de petróleo a nivel mundial/ déficit del petróleo.	191
Arquitectura conceptual de un proceso.	196
Proceso de diseño de un proyecto industrial.	198
Representación de un proceso en términos económicos.	199
Composición de las reservas probables por tipo de crudo 1999-2008.	200

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, se han presentado una serie de fenómenos naturales que han hecho evidente el maltrato que se le ha dado al medio ambiente. Hemos cambiado el ciclo de la naturaleza, al estar acabando con los bosques, secando los ríos, desapareciendo especies, contaminando el aire; y con ello, que ésta llegue a un punto crítico en donde ya no es capaz de sostener el mismo ritmo de producción, ni tiene la misma capacidad de recuperación.

La realidad nos ha alcanzado- todas aquellas advertencias que se hicieron por parte de los científicos para detener el deterioro del medio ambiente fueron ignoradas y como consecuencia las predicciones ya nos han rebasado. Ya no se habla de que en un futuro se derritan los polos y la capa de ozono se deteriore en exceso, esto ya está sucediendo. Estos efectos ya son irreversibles y cada vez nos acercamos más al “demasiado tarde”. En efecto, los problemas ambientales ya no corresponden a un “lucha larga” a la que nos debamos enfrentar, es un problema que requiere de una solución, no a corto plazo sino inmediata.

En las últimas centurias, la naturaleza ha estado sometida al salvajismo de la cultura moderna; especialmente la del capitalismo, que acentúa el dominio de la razón instrumental como sinónimo de progreso, ya no sólo para obtener ganancias, sino también para acumular riquezas y que se ha basado siempre en la violencia humana sobre la naturaleza.

Vivimos en un mundo que se ha transformado de manera paulatina por una serie de procesos tales como la industrialización como consecuencia del sistema productivo capitalista. Esto ha provocado cambios en el medio ambiente los cuales han sido desfavorables considerando que han producido efectos negativos como son el calentamiento global, la escasez de recursos naturales, la pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua, aire y suelo, entre otros.

Los problemas medioambientales también han sido el resultado de combinaciones entre la tecnología, el crecimiento demográfico y la economía de consumo de nuestra época. Son problemas derivados de una mala y desmesurada utilización de los recursos. Exigimos demasiado, y demasiado deprisa del mundo, y producimos desechos con cada paso que damos¹.

Por otro lado, este proceso [de destrucción del medio ambiente] ha sido producto de los intereses de los agentes económicos internacionales que han establecido un sistema productivo de sobre-explotación de los recursos sustentado sobre la base de una ideología predominante, la capitalista. Dicha ideología, enfocada al bienestar, se fundamenta en función de mejorar la calidad de vida a partir de beneficios materiales y la acumulación de éstos. El hombre ha sobre-explotado la naturaleza, secando los ríos y arrasando con toda forma de vida con el fin de satisfacer sus propios intereses. Ya no se trata sólo de abastecer al hombre con los recursos necesarios en función de sus necesidades primarias, sino que surge un nuevo concepto propio de los siglos XX y XXI que se refiere al establecimiento de necesidades secundarias o creadas, así como una lucha silenciosa entre los agentes económicos por el acaparamiento de los recursos y del mercado mundial con el fin de obtener un poder económico predominante.

Dentro de la búsqueda de un excedente y poder económico, las empresas han estimulado la creación de una cultura del consumo sostenida por carteles “glamorosos” y mensajes subliminales creando un nuevo modo de felicidad que se sustenta en la mayor adquisición de bienes, es decir, se propaga que entre más bienes se adquieran mayor felicidad se obtendrá, además de seguridad en la vida diaria. Es en éste contexto en que el comportamiento humano ha quedado en segundo término, es decir, se ha sido modificado bajo los parámetros del consumismo.

¹ Cfr.: Eric S. Grace, *La biotecnología al desnudo: promesas y realidades*, España, Anagrama, 1998, p. 167.

Sin embargo, el sistema productivo capitalista, que se caracteriza en la actualidad, por la sobreproducción y sobre-explotación de recursos naturales en función a los intereses económicos, ha contribuido al impacto en el medio ambiente causando un rompimiento del sistema de equilibrio ecológico que ha su vez ha generado una escasez de los recursos. Dicha escasez provoca en diferentes escalas un efecto, tipo *boomerang*, en la economía internacional incitando a que el sistema productivo capitalista se consuma a si mismo puesto que si no hay recursos, no habrá materia con la cual sostener la producción industrial. Además, los efectos provocados por el calentamiento global han provocado un aumento en los fenómenos naturales que han afectado a la infraestructura industrial y su producción, poniendo en evidencia la existencia de un efecto *boomerang* entre el medio ambiente y la industria que permite distinguir la necesidad de las empresas petroleras, así como de otras industrias, de combatir tales efectos con el fin de no afectar sus bienes capitales.

De este modo, nos damos a la tarea de crear un argumento en el que se plantee la búsqueda de un equilibrio entre los intereses económicos y el medio ambiente a través de la concientización de los agentes económicos sobre la manera en la que la industrialización y los efectos del cambio climático, inducidos en gran parte por ella, provocan un efecto *boomerang* entre ambiente y el sistema productivo, al romper el ciclo ecológico-ambiental provocando el daño a infraestructura, el pierde de producción y capital, y la disminución o falta de factores productivos por lo que las empresas pierden rentabilidad y solidez.

Además es importante tomar en consideración que los impactos que ha tenido el calentamiento global y sus efectos en la industria han originado un desgaste de la economía internacional afectando a todos los sectores en mayor o menor medida.

En este contexto, es importante recordar que el siglo XX se ha caracterizado por la importancia de la industria petrolera, que ha sido una de las industrias más contaminantes a través de la historia. Sin embargo no cabe lugar a dudas de que

en el siglo XXI se ha determinado la existencia de un declive en tanto que se ha generado un agotamiento del petróleo; no obstante, existen autores que desmienten este hecho, además de que se han presentado nuevos fenómenos que han permitido la explotación de nuevas zonas petroleras. Se ha hecho de conocimiento general que las grandes empresas buscan agotar este recurso hasta *exprimirle el último dólar* antes de utilizar fuentes alternativas de producción. Es así que surge la necesidad de buscar alternativas, con el fin de frenar su impacto ecológico, desde dos frentes: por un lado la búsqueda de materiales *bioamigables* y por otro, la utilización de procesos que permitan amortiguar el impacto del proceso productivo petrolero.

Actualmente el desarrollo y la innovación tecnológica son impresionantes; prácticamente todos los días se descubre o se perfeccionan algo; de hecho, este proceso ha alcanzado tal maduración, que se asegura que estamos en un nuevo proceso de revolución tecnológica. Si observamos el papel que ha tenido el desarrollo de la tecnología, se vuelve evidente que el constante progreso tecnológico es un punto estratégico de la dinámica del capitalismo, porque permite que los actores involucrados puedan mantener su papel hegemónico dentro del mercado mundial.

De esta manera surge la biotecnología que puede ser entendida como “toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos”², es decir, la biotecnología puede ser descrita como la aplicación de organismos, sistemas o procesos biológicos a la producción. Hasta ahora, se perfila como el área más importante dentro de ésta, debido a que la biodiversidad se convierte en un elemento estratégico dentro del espacio geográfico, pero sobre todo por el impacto que tiene en una amplia gama de ramas productivas.

² ONU, *Convenio Sobre la Diversidad Biológica*, Junio de 1992, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>, [consultado: Junio 15 de 2008].

La biotecnología tiene influencia y aplicación en muchos aspectos del medioambiente. Las aplicaciones de la biotecnología han tenido lugar en cinco áreas: el proceso de la cadena productiva, el seguimiento de la contaminación, el tratamiento de los residuos, el tratamiento de lugares y vías fluviales ya contaminados y la prevención de la contaminación.

Es así que surge la biotecnología blanca o biotecnología industrial que es un nuevo campo que ha emergido del estudio de la biotecnología aplicado a procesos industriales. Se sirve del diseño de microorganismos para producir un producto químico o el uso de enzimas como catalizadores industriales, ya sea para producir productos químicos valiosos o destruir contaminantes químicos peligrosos como es el caso de la industria petroquímica que hace uso de la biotecnología industrial dando origen a la bioremediación *in situ*, biorrefinación, biopetroquímica y un último rubro bioremediación *ex situ* que hace referencia al tratamiento de residuos contaminantes fuera del lugar de extracción. El principal objetivo de la biotecnología es la creación de productos fácilmente degradables, que consuman menos energía y generen menos desechos durante su producción. La biotecnología blanca tiende a consumir menos recursos que los procesos tradicionales utilizados para producir bienes industriales³. Dentro de este campo va incluida la biotecnología ambiental que básicamente se refiere a la aplicación de la biotecnología para la conservación del medio ambiente al optimizar los procesos industriales.

En este sentido la biotecnología industrial puede visualizarse como un sistema tecnológico que permite frenar el desgaste del medio ambiente así como satisfacer los intereses empresariales; es decir, por un lado es una alternativa para la solución de problemas medioambientales y por otro representa un beneficio para la satisfacción de intereses capitalistas considerando que es idealista suponer un

³ Cfr.: Frazzetto, Giovanni, *White biotechnology*, *EMBO reports*, Revista Nature, 2003, [en línea], Dirección URL: <http://www.nature.com/embor/journal/v4/n9/full/embor928.html>, [consultado: 3 de Marzo de 2008]; y EuropaBio, *Industrial Biotech*, [en línea], Dirección URL: http://www.europabio.org/white_biotech.htm, [consultado: 3 de Marzo de 2008].

cambio de modelo económico o un cambio en nuestros patrones de consumo, por lo que resulta necesario exponer un proyecto que sea monetariamente conveniente tomando en cuenta que el uso de este tipo de tecnologías resultan baratas. Además, se plantea la necesidad de introducir tecnologías bioamigables debido a los efectos que el calentamiento global ha ocasionado en la industria petrolera; aunque, paradójicamente, los efectos del cambio climático han sido provocados, en mayor parte, por la misma industria. Sucesivamente, este tipo de tecnologías ofrecen una alternativa que permite un equilibrio entre el mercado y el medio ambiente en un contexto de sustentabilidad y equilibrio de intereses.

Por ello, el problema ambiental, sus repercusiones en la industria y la utilización de biotecnologías como alternativa para la solución a los problemas planteados se sumergen en una gran variedad de contextos tomados desde distintos ángulos. Por un lado, el contexto internacional, en donde se plantea la importancia que ha adquirido el problema ambiental en el escenario mundial; por otro lado es en los siglos XX y XXI donde se han desarrollado una serie de tecnologías que han servido como herramientas o como medios para dar solución a los problemas ambientales; en relación a ello, también se retoma la actual crisis del modelo del petróleo que va aunada a una crisis ambiental y una crisis económica; asimismo en el siglo XXI nos ubicamos en la era del capitalismo contemporáneo que a través de su ideología y tendencias, ha establecido una interacción social y empresarial destinada a la destrucción ambiental; y por último la era de la globalización, que ha generado una homogenización económica, productiva y de igual manera una homogenización de los problemas ambientales.

El problema de la degradación ambiental no es nuevo, sin embargo, es a partir de finales del siglo XX, específicamente 1972 con la Conferencia de Estocolmo que se convierte en un tema central, inaugurando el espacio ambiental en la agenda política internacional siendo fruto de la expansión industrial, la contaminación de los ríos y la lluvia ácida en los países industrializados naciendo de este modo el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y otras

instituciones ambientales nacionales. No obstante el persistente deterioro del medio ambiente a niveles nacionales e internacionales y gracias a nuevas evidencias científicas y diversos movimientos ecologistas (o movimientos verdes o ambientalistas) en los 80 se logró vincular la problemática ambiental con la idea del desarrollo.

Dicha vinculación se expresa claramente en el informe de 1987 de la Comisión Brundtland o "Nuestro Futuro Común" en el cual podemos observar la idea clara de que si el hombre desea perdurar en el tiempo, debería de compatibilizar su actividad productiva con la conservación ambiental. Así es posible observar que a partir de entonces, el aspecto ambiental es incorporado a los estudios sociales, culturales y políticos y que durante los años 90 se debía considerar la globalización económica y la reducción de la cooperación internacional como un elemento clave en el análisis y toma de decisiones sobre los aspectos ambientales⁴.

Por ello nuestro estudio se enfoca en finales del siglo XX e inicios del siglo XXI; durante dicho periodo nos es posible enmarcar nuestro estudio, pues abarca los momentos claves en los que la investigación ayudó a encontrar tecnologías que pueden conservar el medio ambiente con un impacto casi nulo. En los últimos cuarenta años han surgido dos tecnologías por carriles paralelos: la tecnología de la informática y la tecnología genética; las ciencias de la información y las ciencias de la vida, es decir, que en los últimos años, estas tecnologías emergentes del siglo XX comenzaron a fusionarse para crear una base más poderosa para una nueva era económica⁵.

A esto se suma la actual crisis del modelo de desarrollo basado en el petróleo ante los altos grados de consumo. La industria petroquímica no sólo está en un declive

⁴ Cfr.: Sara Larraín, *Entre la vida y los negocios: la agenda política post Johannesburgo*, en: Sara Larraín, [et. al.], *Selección de artículos de Le Monde Diplomatique. Ecología y desarrollo sustentable*. Salvar el Planeta, Chile, Aún creemos en los sueños, 2003. pp. 7-8.

⁵ Cfr.: Jeremy Rifkin, "Tiempo libre para disfrutarlo o hacer filas de desempleados", en: Luis J. Álvarez Lozano (coord.), *Un mundo sin trabajo*, México, Dríada, 2004. p 12.

en sus reservas de insumos petrolíferos, sino que también se encuentra en la necesidad de buscar alternativas que le permitan obtener beneficios de las últimas reservas de petróleo, sean estas ligeras o pesadas, para así dar pie a la reconversión energética y obtener los máximos beneficios con menores costos hacia el medio ambiente.

Desde otra perspectiva, es el momento en el que se puede observar que la era del capitalismo contemporáneo azota con mayor dureza provocando una interacción del hombre con la naturaleza tendiente a la explotación masiva de los recursos naturales, haciendo uso de ellos para satisfacer necesidades creadas, que más allá de las necesidades básicas corresponde a una producción masiva basada en la creación de productos destinados a ser obsoletos a corto plazo.

Esta sociedad posmoderna se ve regida por una serie de elementos que permiten visualizar el antropocentrismo fuerte que ha dominado el *modus vivendi* social. Por un lado el individualismo social ha generado una interacción que más allá de la sobrevivencia, se define a través de una lucha económica. Este mismo proceso se ve reflejado en las empresas a través de lo que se conoce como individualismo empresarial. Además, la moda y el glamour han provocado un ciclo de obsolescencia que se encuentra interconectado con la tendencia generada por las empresas productoras a rotar el capital. En este mismo contexto existen otras directrices que definen el contexto social capitalista como son el materialismo y el consumismo que de manera paralela han permitido que dicho proceso sea expansivo.

Por último uno de los contextos más importantes en que nos sumergimos es la globalización, en donde los procesos económicos se homogenizan y por lo tanto adquieren las mismas características a través del mundo. Esta globalización es aterrizada en diversos ámbitos. Por un lado, la globalización económica y productiva ha generado un complejo sistema de interacciones económicas y comerciales a nivel internacional provocando un mayor uso y explotación de los

recursos naturales. Por otro lado existe una globalización o planetarización de los efectos del deterioro ambiental, en donde este proceso ya no encuentra fronteras y por lo tanto se sumerge a un proceso de expansión. Como último punto, la globalización ambiental ha marcado una era en donde se ha ampliado la preocupación por resolver dichos problemas y se ha generado una búsqueda de cooperación y participación internacional.

De esta manera, en el primer capítulo se tratarán todos aquellos factores que determinan el contexto en que se encuentra sumergido el medio ambiente como son la relación hombre-naturaleza que ha determinado una visión materialista del medio ambiente, ya que es considerado un bien capital. Asimismo, se hace hincapié en la industrialización como factor que ha determinado el sistema ideológico y productivo en la actualidad, que a su vez, se encuentra en función a la globalización económica. De esta manera nos será posible aterrizar en los principales problemas actuales del medio ambiente que se han generado debido, mayoritariamente, a la contaminación industrial así como la regulación jurídica ambiental que existe a nivel nacional y global.

En el segundo capítulo, se estudia lo que denominamos *efecto boomerang* entre el sistema productivo industrial y el medio ambiente; en donde rescatamos las distintas formas de contaminación generadas por la industria petrolera, que han provocado una serie de problemas ambientales como son el calentamiento global, el derretimiento de los polos, el aumento de huracanes, entre otros. De esta manera nos es posible aterrizar en el efecto contrario, es decir, el impacto que tiene el calentamiento global y los problemas que son derivados de él, en la industria petrolera. Asimismo, planteamos la manera en que dicho efecto en la industria petrolera, a su vez, genera un impacto en la economía global, con el fin de dar a conocer la importancia que tiene la búsqueda de alternativas tecnológicas sustentables.

En el último capítulo, proponemos a la biotecnología industrial como una solución sustentable para amortiguar los daños que la industria petrolera, así como otras industrias, han venido ocasionando al medio ambiente; que a su vez permite guardar los intereses capitalistas de dicho sector. Con ello definimos cada una de sus aplicaciones dentro del sector industria petrolero; es decir biorremediación *in situ*, biorrefinación, biopetroquímica y biorremediación *ex situ*; y por último destacamos la importancia que tiene la biotecnología industrial en función de los beneficios empresariales y ambientales que ofrece.

Consideramos que esta investigación adquiere importancia puesto que pensamos en “nuestros hijos” como generaciones futuras, porque los efectos del cambio climático ya no son un efecto que sólo se discuta en las aulas como reflexiones éticas, filosóficas o morales; ya es una realidad tangible. Los polos se están derritiendo, hay especies afectadas porque se están quedando sin hogar, como es el caso del oso polar. Es así que existen especies que tienen que emigrar antes de su ciclo normal porque las temperaturas han sufrido modificaciones que nunca creímos ver. Pero esto no sólo afecta a la flora y a la fauna, también nos afecta a nosotros.

Bien se sabe que el humano ha desarrollado diversas tecnologías para protegerse contra los cambios climáticos, ya no se trata de ponernos una chamarra y un par de calcetines gruesos. Cada vez más familias (especialmente en las zonas con temperaturas extremas) ya necesitan comprar un calentador o aire acondicionado, ¿pero los animales con qué se taparán? No obstante existen efectos a los cuales no podremos hacer frente. Como ejemplo de ello está la descongelación de bacterias y virus que se encontraban en las profundidades de los hielos de los polos. Y aunque la ingeniería farmacéutica se encuentra bastante desarrollada en la actualidad, aun existen enfermedades que no hemos alcanzado a comprender, y será aun más difícil desenterrar los misterios de la actuación de nuevas enfermedades.

Nos decían de pequeños que el mundo iba a cambiar, pero que faltaba mucho. Sin embargo estos cambios se han desencadenado con mucha rapidez. En este escenario ya no es nuestra responsabilidad dar más soluciones idealistas que van en contra de los intereses de ciertos actores internacionales (como son las empresas) quienes han estancado los avances referentes a la aplicación práctica de modelos teóricos que no corresponden a la satisfacción de sus intereses. Es en este sentido que debemos de actuar con rapidez, y proponer un modelo que sea benéfico para ambos (las empresas y el medio ambiente). Es por ello que el trabajo que se presenta no sólo tiene importancia a nivel académico sino que puede tener aplicaciones prácticas a nivel nacional e internacional.

MEDIO AMBIENTE, PETRÓLEO Y BIOTECNOLOGÍA EN LAS RELACIONES INTERNACIONALES

La realidad actual ha superado cualquier tipo de predicción política, social y económica. Nos encontramos en un momento totalmente *sui géneris* de la historia de la humanidad debido a las grandes transformaciones que ha sufrido el contexto humano y que han afectado desde los planteamientos teóricos hasta las mismas relaciones de los individuos; ello gracias a un avance tecnológico que ha permitido no solo la reducción de las distancias, también ha modificado la forma de ver y tratar al mundo.

En este contexto han surgido diversas perspectivas para visualizar y tratar los problemas actuales, cayendo en un sistema de redes complejas de conocimiento que abarca una gran diversidad de áreas y desde diferentes ámbitos. Se buscan soluciones a un sólo problema desde ámbitos políticos, económicos, sociales, culturales, tecnológicos, etcétera.

Uno de los mayores problemas que han surgido en el contexto internacional es la paradoja existente entre el medio ambiente y el petróleo; ya que por un lado, la industria petrolera ha estado ocasionando graves impactos en la naturaleza; y por otro es uno de los recursos estratégicos más importantes en la actualidad.

Para comprender la importancia que tiene el tema del medio ambiente y el petróleo en las Relaciones Internacionales resulta necesario aterrizar en su comprensión. En primera instancia las Relaciones Internacionales deben ser entendidas en un sentido más desarrollado “como el flujo de interacciones entre colectividades humanas políticamente autónomas e independientes las unas de las otras pero inscritas en un contexto geográfico que promueve su vinculación”⁶

⁶ David Sarquís, “La dimensión histórica en el estudio de las Relaciones Internacionales: la evolución de los sistemas internacionales en la historia.”, *Revista de Relaciones Internacionales*, núm. 97, México, UNAM-FCPyS, enero –abril, 2007, p. 19.

es esa experiencia entre las colectividades, su estudio claro esta, la que permite entender el presente para poder planear al futuro, sin dejar a un lado el contexto en el que se desenvuelven dichas colectividades. El hecho de solo mirar el presente sin entender el pasado sólo permite dar respuestas que no alcanzan a explicar cabalmente la realidad o la coyuntura sobre la cual se decide, es decir, como sobrevivir al deterioro ambiental.

De esta forma los Estados y otros sujetos del derecho internacional (como las ONGs, organismos internacionales, empresas nacionales y translaciones y la sociedad civil) han iniciado ha reconocer la idea de que el crecimiento impacta al ambiente, buscando maneras de solucionar el problema mediante la acción multilateral a la par de seguir buscando lograr sus intereses nacionales preservando su soberanía y su seguridad nacional, de este modo la acción internacional puede ser estudiada en varias fases:

1. Primera fase que inicia en 1972 en Estocolmo y de la cual el aspecto internacional entra en las agendas políticas de diversos Estados, pues, se hace patente la relación que existe entre desarrollo y ambiente; en esta primera fase las acciones se enfocaron a la gestión, la evaluación y las medidas de apoyo.
2. Segunda fase en esta fase la Comisión Brundtland (1983), y su respectivo informe, identifica el concepto de desarrollo sustentable con un sentido orientador de los cambios en pro de proteger al ambiente y preservarlo para las futuras generaciones.
3. Tercera fase en esta etapa el concepto de sustentabilidad se reafirma e inicia una ardua labor para gestionar las actividades humanas en relación con el ambiente; en este lapso se suscriben alrededor de 140 tratados, desde la Declaración sobre Medioambiente y Desarrollo, la Agenda 21, la Declaración de Principios sobre Gestión, Conservación y Desarrollo Sustentable de los Bosques, Convenio sobre la Diversidad Biológica, diversos protocolos como el de Montreal, el de Kyoto, el de Cartagena,

también conocidos como AMAs, es decir, Acuerdo Multilaterales Ambientales; versando sobre la transferencia de tecnología e información, el financiamiento de la protección ambiental, la contaminación de la atmósfera, las responsabilidades y derechos de las naciones en las cuestiones del desarrollo y el medio, entre otros temas que afectan las políticas globales, los organismos internacionales, las estrategias y políticas nacionales y regionales y las actividades transnacionales.⁷

Por lo tanto el aumento de actores y temas en el escenario internacional, ha convertido su interacción dinámica y determinante; dinámica, considerando que deben tomar en cuenta las recomendaciones y puntos de vista provenientes de otros organismos internacionales, de las ONGs, la opinión pública internacional, y los agentes económicos; y determinante porque los agentes económicos son los que marcan las decisiones multilaterales en función de sus intereses. La realidad actual es tan compleja que es imprescindible tomar en cuenta cada parte del sistema, en especial cuando estos factores afectan a las diferentes sociedades nacionales las cuales deben adaptarse al proceso de la globalización⁸ en el que se hacen notar una falta de equilibrio en sus beneficios, pues no se busca un desarrollo horizontal al contrario es vertical, lo cual produce más que una universalización una multipolarización.

Dicha multipolarización se hace presente en las contradicciones, en las ambigüedades, incertidumbres, conflictos, contradicciones y falta de consensos internacionales que evidencian la interdependencia de los países, sus intereses

⁷ Cfr.: Marcos Kaplan, "Aspectos sociopolíticos del medio ambiente", en: Antonio Azuela, *et. al.*, *PEMEX: ambiente y energía, los retos del futuro*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1995, pp. 283-285.

⁸ Alfredo Córdoba Kuthy hace hincapié en el estudio del proceso de la globalización dentro de las Relaciones Internacionales porque desvanece las fronteras haciendo cada vez más estrechas las relaciones de los Estados, los individuos y los sujetos del Derecho Internacional sin importar su lejanía y las actividades destinadas a las esferas de sus competencias. Cfr.: Alfredo Córdoba Kuthy, "La globalización como un proceso del desarrollo de la economía internacional", en: Graciela Arroyo Pichardo (coord.), *La dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y transformaciones*, México, Cenzontle, 2006, pp. 48-49.

nacionales y los inevitables *trade offs*⁹, todo lo cual se percibe desde las cúpulas de poder como difusión de éste respecto al medio ambiente y el Estado-nación¹⁰. Lo cual nos permite entender cómo “los avances científicos-técnicos, el crecimiento demográfico y el desarrollo económico han sido las principales causas que han propiciado la intensidad y complejidad de la vida internacional moderna”¹¹

En los últimos años del siglo XX los temas ambientales han aumentado la agenda de la política internacional, que en la lógica de la multipolarización se han enfocado, en parte, a la deuda ecológica demandando el saneamiento de espacios naturales; y por otro lado, se ha originando una movilización en materia de ambiente y desarrollo (el desarrollo esta en función del medio ambiente ya que no se podría lograr sin recursos naturales). Este movimiento internacional se debe al deterioro de las condiciones naturales del planeta y a la advertencia de problemas ambientales severos, en ellos se incluyen la contaminación del aire, el deterioro de mares y costas, la acidificación del suelo y el cambio climático. Sin embargo la problemática ambiental en el ámbito internacional demuestra una complejidad por la multitud de aspectos que la conforman, los actores involucrados y los intereses que en ella confluyen. Si bien es cierto que se ha avanzado en la búsqueda de soluciones, los rasgos y la falta de cumplimiento de los acuerdos han dado cuenta de las deficiencias por alcanzar compromisos verdaderos.

Para lograr los resultados requeridos para el mantenimiento del medio ambiente y en específico para el control del calentamiento global es necesaria la cooperación de todos los países, tanto desarrollados como en vías de desarrollo, ya que se enfrentan a problemas que están más allá de su capacidad para resolverlos

⁹ *Trade offs* es el equilibrio de factores y componentes, que no son alcanzables al mismo tiempo y que rigen las relaciones y prácticas nacionales, incluso la idea de renunciar a un interés a cambio de otro.

¹⁰ Cfr.: Marcos Kaplan; “Aspectos sociopolíticos del medio ambiente”, en: Antonio Azuela, *et. al.*, *Op. Cit.*, p. 286.

¹¹ Leopoldo González Aguayo; “Las Instituciones Internacionales”, en: César Sepúlveda (coordinador); *Compendio de Derecho Internacional para oficiales de la Armada de México*, México, SER – Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos, segunda edición, 1993, p. 343.

unilateralmente, considerando que el calentamiento global y sus efectos no es un problema que únicamente afecte al país que produce mayor cantidad de emisiones o el que derrame mayor cantidad de contaminantes al mar, ya que sus efectos se extienden en todo el mundo, por lo cual resulta necesario tomar acciones de manera conjunta con el fin de amortiguar los daños que se han venido ocasionando.

Dicho escenario nos lleva a pensar en la interdisciplinariedad entendida como la interacción entre dos o más disciplinas en función de las necesidades de los nuevos retos dinámicos e inmersos en estructuras¹², ello nos admite observar la necesidad de actuar de manera suplementaria, estructural y unificadora entre distintas disciplinas, pues ante la complejidad reinante es imposible poder dar explicaciones basados solamente en marcos conceptuales de disciplinas aisladas, al contrario es indispensable estructurar interacciones entre ellas, quienes de manera objetiva están inmersas en un mundo tendiente a la contradicción y a la complejidad. Es en este contexto, donde podemos apreciar la gran importancia que tiene el estudio de las Relaciones Internacionales para comprender problemas que al instante puedan parecer aislados, sin embargo se encuentran rodeados por una gran complejidad de factores que indican que su tratamiento debe ser estudiado desde distintas áreas con el fin de crear, de manera conjunta, soluciones paulatinas; ya que el acercamiento a un problema, como es el problema ambiental, no encuentra su solución en una sola disciplina.

Ante todo es necesario reconocer que las relaciones internacionales se llevan a cabo por individuos y que estos individuos están, indiscutiblemente, inmersos en un contexto, es decir, el planeta tierra el cual ha perdido su capacidad de regenerarse y se ha visto totalmente rebasado por las actividades humanas. Tales actividades giran entorno a pocos elementos, mas allá de pensar en todas las interacciones que existen en ellas, debemos aceptar que dependemos de

¹² *Cfr.*: Graciela Arroyo Pichardo "Interdisciplinariedad: ¿viejo o nuevo reto?", *Revista mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, no. 154 Año XXXVIII, Quinta época, México, UNAM, Octubre-Diciembre, 1993, p. 10.

elementos finitos y que alrededor de dichos elementos giran nuestras actividades, en especial hablamos de los energéticos, entiéndase hidrocarburos, los cuales soportan todo el sistema productivo, interactúan de manera directa o indirecta en todos sus procesos y, sin embargo, no hemos logrado romper nuestra dependencia a ellos aún y cuando reconocemos el grave impacto que provocan al ambiente.

Esta dependencia los ha colocado en el centro del escenario internacional y el hecho de nuestra incapacidad de depender de ellos responde indiscutiblemente a los intereses que sobre ellos recaen, intereses que son especialmente económicos por su capacidad de generar productos, con pocos insumos, de gran valor agregado, lo cual permite identificar la importancia geoeconómica del petróleo.

Estos intereses políticos y económicos derivan en problemas geopolíticos como la Segunda Guerra Mundial en la que la Alemania nazi quería, entre muchas otras cosas, llegar al Cáucaso soviético donde se encuentran los yacimientos petroleros de Bakú y el Mar Caspio, la guerra de Irán e Irak en las décadas de los ochenta, la guerra del Golfo Pérsico de 1991, la guerra civil de Angola, el enfrentamiento de 1993 de Somalia y el ejercito estadounidense, la división de la República de Yemen en 1994, el enfrentamiento entre argentinos e ingleses por las Islas Malvinas, o el problema entre Ecuador y Perú de 1941, los intereses rusos en Kosovo que llevaron a enfrentamiento en 1999 o con la República de Chechenia, incluso la actual invasión estadounidense a Irak la cual contiene altos grados de intereses petroleros¹³; los anteriores sucesos se originaron por la posesión de los yacimientos o el territorio por donde se construyen los oleoductos, así queda de manifiesto que el petróleo es y será un recurso estratégico, por ende un factor de poder, de los países industrializados, o los que están en vías de serlo, pero sobre todo su capacidad de control sobre otros sujetos del derecho internacional.

¹³ Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Estados Unidos, petróleo y geopolítica. Las Estrategias petroleras como un instrumento de reconfiguración geopolítica*, México, IMP-Plaza y Valdez, 2005, pp. 75-79.

Basta con observar los lugares donde se encuentran los principales ductos internacionales, sus rutas marítimas y consecuente infraestructura para su traspotación y suministro, y el lugar donde se encuentran tanto los grandes productores como los consumidores del petróleo¹⁴, para entender el complejo entramado que existe desde la extracción de éste recurso natural finito hasta su comercialización, ello además de ser “un negocio de excelentes ganancias para una élite política y empresarial, también se convierte en una hazaña para las comunidades científicas que se encuentran trabajando en la búsqueda de fuentes alternativas para la obtención de energía que proviene de los hidrocarburos, del llamado ‘oro negro’”.¹⁵

El siguiente mapa (gráfico 1.1) demuestra lo frágil que es la estructura de poder de la industria petrolera, pues el mayor número de reservas se concentran en un espacio reducido y con potenciales problemas de nacionalismo e intereses por parte de países industrializados ajenos a la zona, así por un lado se concentran en pequeñas regiones o cuencas petroleras una gran cantidad de productores y por el otro los grandes consumidores se encuentran lejos de dichas regiones; esto crea tensiones por las relaciones de interdependencia entre productores y consumidores¹⁶ y donde los intereses políticos y económicos tanto de los Estados como de las fuerzas trasnacionales confluyen en cuellos de botellas, en los que inevitablemente, alguno perderá¹⁷ y con el perdedor la sociedad y el ambiente de dicha región. En este sentido, el petróleo adquiere importancia geoestratégica.

¹⁴ Revisar Anexo núm. 9 -10.

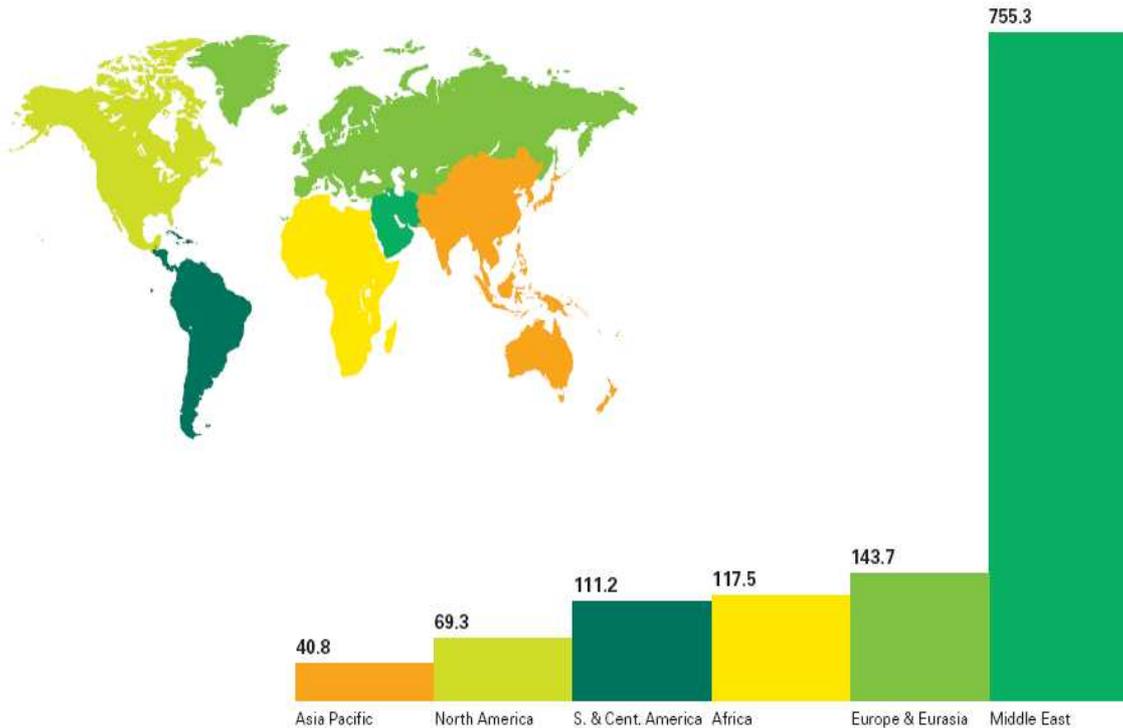
¹⁵ María del Pilar Ostos Cetina, “La tercera revolución científico tecnológica: tras las huellas del combustible del capitalismo”, en: Graciela Arroyo Pichardo, *Op. Cit.*, 2006, p. 126.

¹⁶ Revisar Anexo núm. 6-8.

¹⁷ Estas tensiones son resueltas por la aplicación de la geopolítica, entendida esta como una ciencia de la guerra y que arroja los siguientes indicadores, solo para la cuenca del Golfo Pérsico: a) la definición del espacio geográfico del Golfo Pérsico, Kosovo y de Afganistán; b) factores, Estados multiétnicos, sin unidad política definida, religión islámica predominante, situación estratégica que permite la construcción de oleoductos que transportan el petróleo a Asia central y a Europa, c) actores, es decir, empresas trasnacionales petroleras (las actuales fusiones de las petroleras - ExxonMobil [Exxon y Mobil] y Chevron [Chevron, Gulf Oil y Texaco], y la British Petroleum se fusiona con Amoco), los gobiernos de los países industrializados, que además son los grandes consumidores de hidrocarburos; ejércitos locales (como el talibán, el iraquí y el de liberación de Kosovo); los gobiernos colindantes a la región; y los organismo internacionales como la ONU, la OTAN, la Unión Europea, entre otros. Estos indicadores no hacen ver que la geopolítica

Gráfico 1.1 Reservas Probadas al 2008

Miles de millones de barriles



Fuente: BP Statistical Review of World Energy June 2008, [en línea], Dirección URL: http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_review_2008.pdf, [consultado: 10 de abril de 2009].

Todo lo anterior debe entenderse bajo la premisa de que la demanda por el petróleo ha crecido porque es el motor de la idea capitalista de desarrollo basada en la modernidad y el progreso, por lo cual adquiere cuatro sentidos:

1. Económico. Al cubrir la demanda de energía sujetas a leyes económicas de los precios influidos por las zonas productivas conflictivas.
2. Político. Por ser garante de una capacidad negociadora y de la búsqueda de dominio, como ya se menciona, que da origen a enfrentamientos debido al incremento de la demanda y el “detrimento” de las reservas internacionales.
3. Social. Es una fuente de ingresos que permite equilibrar la balanza de pagos, amortizar la deuda, realizar obras públicas, etcétera.

se sigue utilizando, solo que ahora cuenta con la aplicación de los avances tecnológicos, logrando que los conflictos se resuelvan desde las metrópolis y no en los campos de batalla. Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, pp. 240-241.

4. Ambiental. Por generar una carga de impactos a la biosfera por sus emisiones y partículas contaminantes.¹⁸

No obstante la ciencia y la innovación tecnológica actual permiten tener alternativas, pues la escasez de petróleo -es decir el petróleo ligero debido a su facilidad de refinar- ha impulsado avances en las telecomunicaciones, la robótica y la bioingeniería, ésta última relacionada con el uso de la biotecnología industrial ha permitido el desarrollo de microorganismos y enzimas que en algún momento podrán ser el sustituto del petróleo¹⁹ y es con ésta tercera revolución científico-tecnológica que el hombre además de encontrar alternativas para optimizar el uso de los hidrocarburos, de la misma manera, convierte al conocimiento en un factor de poder.

En este sentido, la biotecnología, como una alternativa a la solución del problema ambiental y aplicado a la industria del petróleo adquiere importancia desde un sentido geopolítico considerando que existe una gran variedad de organismos internacionales que han buscado su aplicación a través de diferentes organismos biológicos. Además, su calidad geoestratégica se explica a partir de las diversas redes que se han construido de comercialización de los mismos.

Sin embargo, la biotecnología es planteada como una solución considerando que no se rompe con los esquemas impuestos dentro de las relaciones internacionales ya que, como se ha mencionado anteriormente, la industria del petróleo seguirá siendo un factor económico de carácter estratégico por lo cual la implementación de nuevas tecnologías no es una opción viable desde la perspectiva de que dicha intervención implicaría la divergencia entre una mayor cantidad de intereses que además forman una red compleja difícil de modificar al contrario que el uso de la biotecnología; ya que ésta incluso se ha desarrollado por las mismas industrias petroleras.

¹⁸ Cfr.: Aimé Uranga Alvarado, "Medio ambiente y energías renovables: una perspectiva compleja", en: Graciela Arroyo Pichardo, *Op. Cit.*, 2006, p. 178.

¹⁹ Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, p. 128.

Del mismo modo, el uso de la biotecnología se encuentra *ad hoc* a los estándares establecidos por el desarrollo sustentable, lo cual además de admitir que la industria petrolera siga explotando y comercializando crudo, permite que sus procesos sean más limpios.

Bajo esta línea, el crecimiento sostenido a largo plazo deja de ser el resultado de formulas económicas y se deja ver cada vez menos sostenido por la poca disponibilidad de capital, la escasez o el mal aprovechamiento de recursos naturales, es entonces el resultado del esfuerzo científico y tecnológico de una sociedad que busca su desarrollo²⁰, es esta sociedad la que toma en cuenta el medio ambiente, y sus componentes, por ser indispensables y estar interrelacionados con el bienestar humano y su calidad de vida²¹, lo cual debería de ser el principal objetivo de toda política de desarrollo de un país y de las relaciones internacionales actuales.

No obstante cualquier análisis deberá de tener en consideración dos aspectos muy importantes, el primero basado en el pensamiento económico-político-geoestratégico que tiene el petróleo, esto plantea grandes problemas pues significa la búsqueda de alternativas para no sujetar las políticas nacionales a los precios del petróleo y la necesidad de negociar con los poseedores del recurso, o en su caso con los administradores de riquezas naturales acechados por las políticas militares estadounidenses; por el otro lado entender que la relación de producción-energía-medioambiente del sistema capitalista ha traído efectos negativos, lo cual

²⁰ Cfr.: Francisco Barnés de Castro, Mesa redonda: "La tecnología elemento clave de competitividad", en el XXXIV Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., en: Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., vol. XXXVI, no. 6, junio, 1996, p. 34.

²¹ Cfr.: Pedro Martínez Pereda, "Ingeniería, ambiente y entorno urbano", Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, vol. XXXVII, núm. 7, julio, 1997, pp. 17-18.

hace necesario un cambio de cosmovisión y de tecnologías²² que permitan una relación armoniosa del sistema con el medio que lo rodea.

Debemos recordar que la situación social y política de nuestro país hace que los problemas ambientales cobren mayor complejidad, no obstante en los últimos años Petróleos Mexicanos (PEMEX) y el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP), además de otras instituciones como el Instituto de Biotecnología de la Universidad Nacional Autónoma de México y el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, han invertido y desplegado un amplio esfuerzo alrededor de la protección del ambiente, en el área que nos refiere, la biotecnología industrial, siguiendo las tendencias tecnológicas internacionales de:

- ∂ La biotransformación, que consiste en la conversión de un compuesto químico o bioquímico en otros mediante el uso de un catalizador de origen biológico o sintético, por ejemplo, las enzimas.
- ∂ La bioproducción, que consiste en la selección o modificación de microorganismos y plantas vegetales para la producción de compuestos. De cara al futuro, la producción de materiales y combustibles podrá realizarse por medio de materias primas biológicas, mediante producción al aire libre (cultivos y plantas); en grandes fermentadores (microorganismos) o en condiciones de confinamiento (insectos y animales).
- ∂ La biotecnología ambiental, que permite el tratamiento y recuperación de suelos, aguas y residuos urbanos e industriales. Entre otras aplicaciones, se utilizan microorganismos seleccionados genéticamente para digerir vertidos de petróleo o enzimas para digerir residuos de papeleras industriales.²³

En este panorama México debe fijarse metas a fin de alcanzar su desarrollo social y su crecimiento económico, para ello debe aprovechar los recursos bilaterales y

²² Cfr.: Aimé Uranga Alvarado, "Medio ambiente y energías renovables: una perspectiva compleja", en: Graciela Arroyo Pichardo, *Op. Cit.*, 2006, p. 185.

²³ Cfr.: Sheyla Bonell Rosabal, *Petróleo y biotecnología: análisis del estado del arte y tendencias*, [en línea], 26 de septiembre de 2008, Dirección URL: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol19_1_09/aci03109.htm, [consultado: 10 de abril de 2009].

multilaterales con los que cuenta, al mismo tiempo que en el plano nacional requiere extender y planificar estrategias que le permitan la acción directa, todo esto en un contexto de contradicción, ante un aumento de la preocupación ambiental, diferenciado según el estrato social al que se pertenezca, y la incapacidad de poder modificar el comportamiento y las actividades sociales respecto al ambiente²⁴.

²⁴ *Cfr.*: Adrián Lajous Vargas, Trabajo presentado en la conferencia magistral “El petróleo y el medio ambiente”, Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XXXVI, núm. 5, mayo, 1996, p. 4.

I. FUNDAMENTOS TEÓRICOS DEL SISTEMA PRODUCTIVO CAPITALISTA Y EL CAMBIO CLIMÁTICO.

No nos vanagloriemos demasiado por nuestra victoria humana sobre la naturaleza. La naturaleza se venga de cada victoria nuestra. Cada victoria tiene, de hecho, en primera instancia, las consecuencias sobre las que habíamos hecho cuentas; pero en segunda y en tercera instancia tiene efectos totalmente diversos, imprevisibles, que a su vez anulan demasiado a menudo las primeras consecuencias (...) a cada paso se nos recuerda que nosotros no dominamos a la naturaleza como un conquistador domina a un pueblo extranjero subyugado, que no la dominamos como quien es extraño a ella, sino que nosotros le pertenecemos con carne y sangre y cerebro y vivimos en su seno: todo nuestro dominio sobre la naturaleza consiste en la capacidad, que nos eleva por encima de las otras criaturas, de conocer sus leyes y de emplearlas de la manera mas apropiada.

-Frederich Engels, Dialectica de la Naturaleza²⁵-

Debemos entender que la principal característica que tiene el ser humano es “su capacidad de transformar los elementos que se presentan en la naturaleza, con el objeto de asegurar su supervivencia, mitigar las condiciones naturales adversas que lo rodean y lograr mayor confort en su vida diaria”²⁶, es precisamente esta característica, que si bien nos ha ayudado a descubrir los principios que rigen a la naturaleza, la que nos ha permitido crear las herramientas y los equipos para transformar las materias que la naturaleza nos brinda en recursos eficientes y, obviamente, que nos permiten generar recursos económicos; la que nos ha llevado a cambiar el curso de nuestro planeta, acarreándolo hacia el abismo antes de que su destino tome lugar en el ciclo de la naturaleza. Estamos acabando con los bosques, secando los ríos, desapareciendo especies, contaminando el aire, y acabando con nuestra propia existencia, porque sin la naturaleza no habría vida.

²⁵ Miguel Ángel Adame Cerón, *Éxtasis, misticismos y psicodelias en la posmodernidad*, México, Ítaca, 1998, pp. 14-15.

²⁶ Enrique Aguilar Rodríguez, *Diseños de procesos en ingeniería química*, México, IPN-IMP, 2007, p. 21.

En la actualidad es posible identificar que las tendencias ambientales se encuentran en función de la inercia de los sistemas

socioeconómicos²⁷, lo cual ha provocado una órbita en la que la actuación internacional – desde el ámbito individual como el colectivo- se convierte en un círculo difícil de

En cuanto a las afirmaciones realizadas por científicos referentes a la inexistencia de un cambio climático provocado por las industrias capitalistas, es imprescindible rescatar que se ha tratado de una manipulación realizada por algunas empresas: “En 1995, los servicios públicos de Minnesota descubrieron que la industria del carbón había pagado más de 800 millones de euros a cuatro científicos que mostraban públicamente su disconformidad con el calentamiento global. Y ExxonMobil ha gastado más de 10 millones de euros desde 1998 en una campaña de relaciones públicas y cabildeo contra el calentamiento global. En 2000, los magnates del petróleo y el carbón se apuntaron su mayor victoria electoral hasta la fecha cuando el presidente George W. Bush salió elegido y a renglón seguido aceptó las insinuaciones del sector respecto a su política climática y energética”. En: Ross Gelbspan. El País, Katrina y el Cambio Climático, en línea, 3 de Septiembre 2005, Dirección URL: <http://www.elpais.com>, [consultado: 29 de junio de 2008].

romper, a menos que ocurran eventos inesperados y lo suficientemente intensos para modificarlas. “Tales tendencias son, en general, el aumento del calentamiento global por el efecto invernadero, la contaminación endémica del agua, el crecimiento relativo de la producción agrícola y del consumo de energía a mayor demanda de la población (aunque el valor per capita sea menor), el deterioro mayor de la calidad ambiental en los países en desarrollo, y el incremento en la ocurrencia de desastres de origen natural y antrópico.”²⁸

²⁷ Existen autores que discuten que el calentamiento global no es consecuencia de la actividad humana sino del ciclo natural del planeta. Sin embargo para ello es importante rescatar lo que dice Jonathan Weiner quien aclara que el calentamiento global ha rebasado las proyecciones que se tenían previstas dentro del ciclo normal. Cfr.: Jonathan Weiner, *Planet Earth*, Estados Unidos de América, Bantam Books, 1986, p. 132.

²⁸ María Augusta Fernández, *Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgo urbano y desastres*, Perú, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Perú, Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo (USAID), 1996, p. 26.

En consecuencia, el interés mundial por el medio ambiente²⁹ y por su acelerado deterioro se ha intensificado en las últimas décadas, pues el agotamiento de los recursos naturales renovables y no renovables, el aumento y concentración de la población y la ocurrencia cada vez mayor de desastres, son situaciones preocupantes cuya velocidad supera el alcance actual de sus soluciones. Esto ha implicado una mayor atención de las necesidades urgentes que se demandan en ésta área.

Aunado a ello el ciclo ambiental se ha transformado de manera determinante, provocando que la búsqueda de soluciones deban de ser estudiadas a profundidad ya que pueden implicar impactos desconocidos debido a que los mecanismos de regulación de la temperatura de la Tierra han sido alterados. En este contexto encontramos la falta de teorización realizada entorno a los ciclos de la contaminación, que definimos como aquel ciclo en donde la introducción de agentes exógenos a la naturaleza son integrados a los flujos naturales de energía; considerando que todo es energía, lo cual provoca un nuevo ciclo en donde dicho agente forma parte del mismo; es decir, se integra al flujo natural al ser acogido como un elemento más, a través de un proceso en donde la Tierra absorbe los contaminantes buscando su adaptación y hasta cierto punto su equilibrio; aunque en la actualidad este equilibrio se ha quebrantado.

Ejemplo de ello son los aerosoles que han sido visualizados como una amenaza debida a los niveles de enfriamiento que inducen y los altos números de lluvias acidas registradas. En el caso del enfriamiento, las partículas de aerosol y otros contaminantes provocan que se enfríe la Tierra debido a que suspendidas en el

²⁹ Es preciso señalar que muchos discuten que “medio ambiente”, como concepto, es una definición utilizada de manera incorrecta. Sin embargo, para Ramos Fernández en su *Diccionario de la Naturaleza* (1987) la voz *ambiente* remite directamente a la voz *medio ambiente*, en donde es tratada ampliamente su definición. Por tanto, se pueden emplear indistintamente los términos *ambiente* o *medioambiente*.

Para mayor claridad en éste punto rescatamos la definición dada por la Real Academia Española, el término *ambiente* se refiere a las circunstancias que rodean a las personas o a las cosas, y este significado coincide con una de las acepciones de la palabra *medio*, lo que nos llevaría a afirmar que la expresión *medio ambiente* es redundante. Véase: Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española*, España, Espasa Calpe, 2002, p. 573.

aire reflejan la luz y el sol evitando que el calor llegue a la superficie terrestre provocando un oscurecimiento global. Desde otro ángulo, se ha llegado a sugerir que la ola de calor que azotó a Europa durante el verano de 2003 fue consecuencia en parte de los esfuerzos de la Unión Europea por eliminar los aerosoles. Peter Cox plantea que, al no tener en cuenta los modelos climáticos existentes, y en este caso lo que hemos identificado como ciclos de contaminación, pueden haber subestimado la sensibilidad del planeta a los gases de invernadero sin dar cuenta de que en realidad se ha cruzado un punto crítico.³⁰

Las soluciones que se han planteado entorno al deterioro ambiental son distintas tanto en su forma como en su contenido, pues recordemos que “al intentar un estudio del medio ambiente, de cualquier naturaleza, tenemos que reconocer que todas las ciencias y técnicas, todo lo animado e inanimado, lo nuevo y lo antiguo, [...] solo son algunos de los componentes que advertimos íntimamente ligados con las cuestiones que le son relativas”.³¹

Sin embargo para una aproximación al tema, es importante tomar en consideración las bases teóricas y conceptuales que permitan una comprensión total sobre la naturaleza, tanto en su significado como las características que la definen sus cambios en la actualidad.

1.1 BASES TEÓRICAS DEL MEDIO AMBIENTE

La palabra medio ambiente no ha sido definida de manera uniforme ni con exactitud, aunque de manera general es posible remitirlo al entorno físico natural que nos rodea.

En principio retomaremos la definición que contempla la legislación mexicana, es decir, La Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente define

³⁰ Cfr.: James Lovelock, *La venganza de la Tierra*, México, Planeta, 2007, pp. 92-93.

³¹ Mayaudón Enríquez Márquez, *El medio ambiente*, México, Fondo de Cultura Económica, 1973, pp. 9-10.

ambiente, en su artículo tercero fracción primera, de la siguiente manera: “el conjunto de elementos naturales y artificiales o inducidos por el hombre que hacen posible la existencia y desarrollo de los seres humanos y demás organismos vivos que interactúan en un espacio y tiempo determinados”³². Sin embargo, dentro de ésta definición es importante considerar que no se deben mezclar los elementos físicos naturales como los artificiales al momento de hablar de medio ambiente. Ya que uno habla de un entorno creado de manera natural y otro por un entorno creado por medio del hombre. Este último llega a tener cierto impacto en los espacios naturales por lo cual no deben tomarse como dos elementos de un mismo entorno equiparable.

Por su parte Vicente Sánchez, en su obra *Glosario enciclopédico sobre el medio ambiente* ofrece la siguiente definición: “Ambiente es el conjunto de condiciones externas que influyen sobre el hombre y que emanan fundamentalmente de las relaciones sociales”³³, sin embargo esta definición deja fuera el elemento natural, como algo ya existente desde antes que se produjeran las relaciones humanas, y por ende que les afectaran.

Para Gabriel Quadri, el término “medio ambiente” se refiere a diversos factores y procesos biológicos, ecológicos, físicos y paisajísticos que, además de tener su propia dinámica natural, se entrelazan con las conductas del hombre. Estas interacciones pueden ser de tipo económico, político, social, cultural o con el entorno, y hoy en día son de gran interés para los gobiernos, las empresas, los individuos, los grupos sociales y para la comunidad internacional³⁴. En este caso, es posible identificar que se establece una perspectiva antropocéntrica, lo cual define a la naturaleza a partir de sus funciones en la dinámica social, que se

³² Cfr.: Jorge Bustamante, *Derecho ambiental, Fundamentación y normativas*, Argentina, Habledo-Perrot, 1995, pp. 21-43.

³³ Jorge Muñoz Barret, “Los recursos naturales y su protección jurídica en México”, en: Jorge Muñoz Barret, *et. al., La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992, p. 9.

³⁴ Gabriel Quadri, *Políticas Públicas. Sustentabilidad y medio ambiente*, México, Porrúa, 2006, p.22.

adecua a la línea de ésta tesis, por ello, es importante hacer hincapié, de la relación del hombre con la naturaleza.

De dicho modo podemos partir de una perspectiva compleja de ambiente, pues tomamos en cuenta no sólo el aspecto físico biológico del ambiente también introducimos el aspecto social con lo cual dejamos atrás la concepción simplista, coincidiendo con la idea de Enrique Leff de que el objeto natural está sobredeterminado por los procesos sociohistóricos, de modo tal que se puede apreciar la articulación entre naturaleza y sociedad³⁵.

1.1.1. DETERMINACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE A PARTIR DE LA RELACIÓN HOMBRE-NATURALEZA

En los últimos siglos, la naturaleza ha estado sometida al salvajismo de la sociedad moderna; especialmente la del capitalismo, que ha acentuado el dominio de la razón instrumental como sinónimo de progreso, ya no sólo es para obtener ganancias, sino también bajo una lógica de acumulación de riquezas que se ha basado siempre en la violencia y maltrato humano sobre la naturaleza. Esta concepción está presente en el pensamiento de filósofos como Descartes (1596 – 1650): “... debemos tratar a la naturaleza como si fuera nuestra esclava, descifrar su lenguaje, acaparar su energía y someterla a nuestros pies como una esclava que nos sirve.”³⁶

Enrique Leff destaca que “tal dominio de la naturaleza no sólo ha aparecido como una capacidad excepcional de la especie humana para transformar los recursos naturales e incluso para controlar una serie de fenómeno naturales por medio de

³⁵ Cfr.: Alicia de Alba; Martha Biseca Arrache, “Análisis curricular de contenidos ambientales”, en: Teresa Wuest (coordinadora), *Ecología y educación*, México, UNAM, 1992, p. 210.

³⁶ Cfr.: Marta Roque, *Fundamentos éticos y teórico – metodológicos de la Educación Ambiental desde una perspectiva cubana*, [CD-ROM], Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental. Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Memorias del IV Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo y del IV Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental “UN MUNDO MEJOR ES POSIBLE”, 2003. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.

sus creaciones científicas y tecnológicas; a su vez ha permitido ocultar las relaciones de explotación del hombre por el hombre que han permitido la apropiación de la naturaleza y su transformación en riqueza social”.³⁷ El hombre se muestra como una ser egocéntrico, que crea un sistema ideológico que respalda y justifica sus acciones. La naturaleza y cualquier cosa que toca el hombre se convierten en mercancía, con ningún valor más que el valor monetario. Si en un principio el hombre hacía uso de la tierra para satisfacer sus necesidades básicas, en la actualidad sobre-explota la naturaleza para apropiarse de ella y se aprovecha de las necesidades de los demás hombres para crear excedentes.

Nos acercamos, así, a la observación del Dr. Andrés Sierra Rojas que remarca la idea de que “el objetivo de la economía es el hombre en sus relaciones dialécticas con la naturaleza, en cuanto agente que ejerce su actividad (trabajo) sobre ella para producir los bienes y servicios necesarios para la satisfacción de sus necesidades”³⁸; lo cual permite ubicarnos en el entorno actual de las relaciones capitalistas.

Además ha existido una ideología progresista a lo largo de la historia, en este sentido Enrique Leff destaca que “en las etapas anteriores de la acumulación capitalista, los conflictos entre capitalistas propietarios y trabajadores asalariados eran en cierta manera mediatizados por la perspectiva de un cierto "progreso material", de un mayor "bienestar", que si bien siempre fue distribuido en forma desigual, podía prometer la disolución de las diferencias por medio de un desarrollo de las fuerzas sociales de producción fundadas en una explotación cada vez más intensa de la naturaleza”.³⁹ Sin embargo, la solución a este problema no se encuentra en la instauración de un nuevo sistema económico como el planteado por el marxismo ya que se basaba en la misma ideología.

³⁷ Enrique Leff (coord.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, México, Siglo XXI, 1986, p. 27.

³⁸ Andrés Serra Rojas; *Derecho económico*, México, Porrúa, 1981, p. 37, citado por: Jorge Muñoz Barret, “Los recursos naturales y su protección jurídica en México”, en: Jorge Muñoz Barret, *et. al.*, *Op. Cit.*, p. 13.

³⁹ Enrique Leff (coord.), *Op. Cit.*, p. 27.

Respecto a lo anterior Leff menciona lo siguiente: “este supuesto no sólo está presente en la ideología del progreso técnico de las teorías económicas, sino también en la ideología marxista que fundaba en esa forma de desarrollo de las fuerzas productivas la transformación de las relaciones capitalistas de producción.”⁴⁰

Así, la relación que ha tenido el hombre con la naturaleza se puede sintetizar en tres periodos, históricamente hablando:

- El primero, denominado biocenosis, es aquel en que el hombre tiene relaciones armónicas con la naturaleza
- El segundo periodo, inicia con la domesticación de la naturaleza, donde el impacto sobre la naturaleza se intensifica de manera continua hasta provocar la crisis ambiental actual.
- El tercer período corresponde a la toma de conciencia acerca de los problemas ambientales el cual inicia en la década de los setenta.⁴¹

Es así que podemos entender como, mientras más actuales los hechos del deterioro ambiental más complejo se convierte su estudio, en la actualidad el crecimiento demográfico y el avance tecnológico que permite “dominar” a la naturaleza multiplican las variables que le afectan⁴², distando demasiado de las actividades de los primeros grupos humanos que eran más unificados en costumbres y actividades a su entorno, el cual era mínimamente afectado.

Como ya se mencionó, se ha manejado una ideología antropocéntrica, en donde el hombre considera que puede apropiarse de su entorno y explotarlo como quiera. El hombre, sin importar de qué parte del mundo sea, ha contribuido a la degradación de la naturaleza. Uno puede pensar que las actividades agrícolas se

⁴⁰ *Idem.*

⁴¹ Cfr.: *Desarrollo sostenible y educación. Una visión general de la relación hombre con la naturaleza*, [en línea], Dirección URL: http://infoagro.net/shared/docs/a6/Desarrollo_Sostenible_y_Educaci%C3%B3n.pdf, [consultado: 18 de Marzo de 2008]

⁴² Cfr.: Jorge Muñoz Barret, “Los recursos naturales y su protección jurídica en México”, en: Jorge Muñoz Barret, *et. al., Op. Cit.*, p. 15.

encuentran exentos de este proceso. Sin embargo, en éste sentido es importante destacar que incluso esta actividad contribuye a la destrucción del planeta, ya que se arrasan con bosques y con diversos ecosistemas para hacer espacio para la sembradura.

Enseguida, nos adentraremos a los problemas ambientales más importantes que se han presentado en la actualidad partiendo desde un contexto que permite englobar la dinámica en la que se ha encontrado inmersa, es decir, la globalización.

1.1.2. GLOBALIZACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN Y GLOBALIZACIÓN AMBIENTAL⁴³

En ésta tesis, resulta necesario destacar que no nos adentramos en la definición de la contaminación, ni en los efectos que ésta tenga dentro de algún país en específico, ya que la contaminación no tiene fronteras. No existen barreras, más que las naturales -como es en el caso de la Ciudad de México- que encierran la contaminación que se genera al interior como bloquear la que podría surgir del exterior. Aunque en este escenario particular resulta un problema, ya que, el aire requiere de un movimiento constante para que no se concentren los niveles de contaminación. De ésta manera, la contaminación y sus efectos se han extendido por todo el mundo, sin respetar que sea un país subdesarrollado o no.

De manera parecida Miriam Alfil Cohen habla de una globalización ambiental estableciendo que:

⁴³ Entenderemos por contaminación industrial a la emisión de sustancias nocivas, tóxicas o peligrosas, directa o indirectamente de las instalaciones o procesos industriales al medio natural. Estas emisiones pueden ser: emisiones a la atmósfera, vertidos a las redes públicas de saneamiento, vertidos directos al suelo o a cauces de aguas superficiales, almacenamientos o disposición de residuos industriales y ruidos en el entorno. En estas emisiones quedan incluidas las que se derivan de los productos o subproductos que las industrias ponen en el mercado. Por ejemplo, la contaminación de dioxinas que pueden producir la combustión de productos de PVC en vertederos y por incineración, o la destrucción de la capa de ozono estratosférico por gases clorofluorcarbonados (familia CFC). Maremundi, *Contaminación Industrial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.maremundi.com/contaminacion.asp?id=7>, [consultado: 24 de Mayo 2008].

Este aspecto de la globalización involucra los retos a los que se enfrenta nuestro frágil ecosistema y el riesgo ambiental global. La degradación que el ser humano ha provocado en el medio ambiente ha sido un hecho comprobado durante largo tiempo y ello ha alterado, de manera directa, el desarrollo social. Pero el deterioro ambiental empezó a actuar recientemente a escala global. Este hecho crea una serie de riesgos que, por su extensión y gravedad, requieren de acción colectiva.⁴⁴

En éste sentido, cabe una segunda justificación por lo cual aclaramos que el problema ambiental no puede ser enfocado como un problema específico de un país. El problema al ser global debe de ser solucionado de la misma manera, ya que la acción unilateral no logrará un impacto notorio en la disminución de éste “mal ambiental”.

Con ello es posible adentrarnos a los principales problemas que aquejan al medio ambiente como revisaremos en el siguiente apartado.

1.1.3. PROBLEMAS ACTUALES DEL MEDIO AMBIENTE

En cuanto a los problemas medio-ambientales más destacados podemos mencionar los siguientes, según la Organización de las Naciones Unidas (ONU) en su informe Un Vistazo al Cambio Climático⁴⁵:

- **Aumento del calentamiento:** En los últimos doce años se han registrado las temperaturas más altas en la superficie del planeta. El índice de calentamiento registrado en los últimos 50 años prácticamente duplicó el de los últimos 100 años. La temperatura media mundial aumentó en cerca de 0.74°C durante el siglo XX y ese calentamiento ha afectado más a las áreas terrestres que a las oceánicas.

⁴⁴ Miriam Alfie Cohen, *Democracia y desafío medioambiental en México. Riesgos, retos y opciones en la nueva era de la globalización*, Barcelona España, Edición Pomares, 2005, pp. 27-28.

⁴⁵ Véase: Centro de información de la ONU para México, Cuba y República Dominicana, *Op. Cit.* s/p.

Es importante recalcar que el aumento de la temperatura en el océano es la principal causa de la formación de huracanes, como se verá en el siguiente capítulo.

Incluso varios científicos hablan de que el calentamiento global ha producido una mayor cantidad de desastres naturales, entendiendo a estos como un evento natural, localizado en un espacio y en un tiempo históricamente determinados, cuyo impacto y magnitud conducen a una interrupción de las pautas cotidianas de interacción entre los individuos y ocasionan daños, muertes y pérdidas materiales, que ponen en peligro la forma misma de organización social. El carácter social del desastre puede observarse no sólo en sus consecuencias, en términos de daño, destrucción material y alteración de la organización, sino también en sus determinantes y factores que intervienen⁴⁶.

Allan Lavel teniendo en cuenta la relación entre los agentes perturbadores o desastres meteorológicos y la vida social sostiene que:

*[...] los desastres son producto de una relación específica entre eventos de base física y la estructura y organización social. En tal sentido, los desastres tanto en términos de sus causas como de sus consecuencias, son “sociales” y no “naturales”.*⁴⁷

Desde la perspectiva de las Ciencias Sociales los desastres pueden ser observados como agentes de cambio que modifican los patrones tradicionales de la acción individual, las interacciones entre los individuos y con el medio ambiente que les rodea, por ende estas incidencias conducen al replanteamiento de las normas y de las instituciones sociales. Sólo desde el

⁴⁶ Jorge Dettmer, “Algunas contribuciones de las Ciencias Sociales al conocimiento y prevención de los desastres naturales: el caso de México”, Revista mexicana de Ciencias Políticas y Sociales, núm. 165, año XLI, México, UNAM-FCPyS, División de Estudios de Posgrado, julio-septiembre, 1996, p. 86.

⁴⁷ Jorge Dettmer, *Op. Cit.*, p. 87.

ámbito económico constituyen reducción de servicios, de ingresos, aumento de desempleo y subempleo, suspensiones de servicios públicos, escasez de alimentos y materias primas para la industria, déficit en el sector público y por lo tanto problemas en la balanza de pagos.⁴⁸

Del mismo modo, la ONU, en el mismo informe, destaca lo siguiente:

Las temperaturas mundiales más cálidas están causando ya profundos cambios en muchos de los sistemas naturales de la Tierra. Aproximadamente de 20 a 30% de las especies vegetales y animales estudiadas hasta la fecha probablemente enfrenten un mayor peligro de extinción, si los aumentos de la temperatura media mundial rebasan 1,5 a 2,5 grados centígrados. Por otro lado cuando las temperaturas son más cálidas, los fenómenos característicos de la primavera ocurren mucho antes, como el aumento de las escorrentías y la descarga máxima en muchos ríos alimentados por glaciares y nieve, la de la vegetación "verde" antes y los pájaros migran y ponen sus huevos antes de lo habitual. Se ha observado también que un mayor número de especies animales y vegetales han migrado hacia latitudes más altas.

Por ello es importante tomar en consideración, que si un ecosistema es interrumpido o exterminado, esto provoca que exista una crisis en los demás. Es así como se produce un impacto dentro de su ciclo natural. De la misma manera, en el informe se rescata que:

Un aumento de las temperaturas de 3 grados centígrados durante el presente siglo tendría consecuencias muy negativas para los ecosistemas de la diversidad biológica que producen bienes y servicios esenciales, como el agua y los alimentos.

A partir de ello resulta indispensable recordar que la industria utiliza del agua para la producción, para los procesos de limpieza así como el enfriamiento de las

⁴⁸ Cfr.: *Ibidem*, p. 89.

maquinas entre otros, por lo que se ha convertido en un recurso indispensable para el proceso productivo.

- La atmósfera contiene más dióxido de carbono: El dióxido de carbono es el gas de efecto invernadero que ha causado el cambio climático y las concentraciones de este aumentaron de un valor de 278 partes-por millón (ppm) antes del período industrial a 379 en 2005.

En este sentido es importante destacar la relevancia del efecto invernadero dentro del fenómeno del cambio climático, considerando que es un proceso que implica el cambio global de la composición de la atmósfera, la destrucción de la capa de ozono, la radiación ultravioleta del sol, todo lo cual detiene el calor cerca de la superficie de la tierra y hace que progresivamente la temperatura global se eleve.⁴⁹

Sin la barrera protectora de la atmósfera y sus constituyentes naturales como el vapor de agua, dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero, la temperatura promedio de la superficie terrestre sería de -19°C, según menciona el economista Marcel Claude. También menciona que la mayor parte de las formas de vida presentes en la actualidad no habrían prosperado, los mares estarían congelados. Por el contrario, la radiación solar entrante en la superficie que es absorbida por los gases de invernadero evitando que se escape al espacio. Estos gases absorben radiación emitida por la superficie terrestre calentando el planeta hasta una temperatura promedio de 15°C⁵⁰. Es por ello que, el efecto invernadero se ha convertido en un efecto nocivo para el medio ambiente, habiendo rebasado los niveles normales de su actuación sobre la superficie ya que actualmente se encuentra en patrones constantes de inversión.

⁴⁹ María Aída Hernández Fernández; María del Consuelo Bonfil Sanders, *Educación Ambiental*, México, Santillana, 1997, p.76.

⁵⁰ Cfr.: Marcel Claude, *Calentamiento global e impactos económicos*, [en línea], Dirección URL: marcelclaudes.cl/CalentamientoGlobal.ppt, [consultado: 27 de Mayo 2008].

- Más agua, pero no en todas partes: Se ha observado un aumento de las precipitaciones en las partes orientales de América del Norte y del Sur, Europa septentrional y Asia central en los últimos decenios. Pero el Sahel, el Mediterráneo, África meridional y partes de Asia meridional han experimentado una sequía. Desde los años setenta se han observado en muchas regiones sequías más intensas y prolongadas.

Con respecto a este punto la ONU establece lo siguiente:

Más precipitaciones en las altas latitudes. Probablemente se registren aumentos en el régimen de lluvias de las altas latitudes y decrecimientos en regiones de tierras más subtropicales.

Esto significa que habrá una desproporción de lluvias a través de todo el planeta lo cual afecta aquellas regiones en donde la industria depende de la lluvia. Por otro lado también se puede mencionar el hecho de que el calentamiento global genera una serie de fenómenos naturales como son los huracanes y tormentas⁵¹ los cuales no han podido ser controlados directamente por el hombre y han provocado una gran cantidad de pérdidas, tanto humanas como económicas y de infraestructura.

- El nivel del mar aumenta: En el informe antes citado se indica con toda seguridad un índice de aumento del nivel del mar observado entre los siglos XIX y XX, y se calcula que el aumento total en el siglo XX haya sido de 0,17 metros. Las observaciones geológicas indican que el aumento del nivel del mar en los últimos 2000 años fue mucho menor. La temperatura media del océano mundial aumentó a profundidades de al menos 3.000 m.

De la misma manera, dicho informe, al hacer referencia al aumento del mar indica lo siguiente:

⁵¹ Cfr.: Steve Connor, "El calentamiento global si ocasiona aumento de huracanes y tormentas", Cultura Científica y Tecnológica, núm. 21, año 4, México, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, julio-agosto, 2007, p. 60.

Los cálculos en modelo del aumento del nivel del mar debido a la expansión de los océanos y al derretimiento de los glaciares hacia finales del siglo (comparados con los niveles de 1989 a 1999) se han reducido a entre 28 y 58 cm., frente a 18 a 58 cm. en informes anteriores. Sin embargo, no se pueden descartar valores mayores si las observaciones recientes de pedazos que se han desprendido de la capa de hielo demuestran como aumenta el número a medida que aumentan las temperaturas.

- **Menos nieve:** La cubierta de nieve disminuye en la mayoría de las regiones, en particular en la primavera. La extensión máxima de la tierra congelada en invierno/primavera ha disminuido en un 7% en el hemisferio Norte desde 1900, y en promedio los ríos se congelan unos 5,8 días más tarde que hace un siglo y el hielo se rompe 6,5 días antes.
- **Los glaciares se derriten:** Los glaciares de montaña y la cubierta de nieve han disminuido en ambos hemisferios, lo que ha contribuido a un aumento del nivel del mar de 0,77 mm por año entre 1993 y 2003. La contracción de las capas de hielo de Groenlandia y la Antártida contribuyó a un aumento del nivel del mar de 0,41 mm anuales entre 1993 y 2003.

Es necesario rescatar que gracias al hielo, una tercera parte de los rayos de Sol que llegan a la Tierra son reflejados de nuevo al espacio. El hielo, sobre todo en los Polos, es responsable de gran parte de ese albedo, pues devuelve al espacio el 90 por ciento de luz solar que incide en él⁵².

En éste mismo sentido, la ONU destaca lo siguiente:

Se calcula que la contracción de la capa de hielo de Groenlandia contribuya a un aumento del nivel del mar en el siglo XXII y que la capa de hielo podría desaparecer totalmente si el calentamiento medio a nivel mundial de 1,9 a 4,6°C

⁵² Tim Flannery, *La amenaza del cambio climático, historia y futuro*, Madrid, Taurus, 2006. p. 316.

se mantiene durante un milenio. En ese caso, el nivel del mar podría elevarse hasta 7 metros.

- El Ártico se está calentando: Las temperaturas medias del Ártico prácticamente se duplicaron en los últimos 100 años. Los datos recogidos por satélite desde 1978 indican que la extensión media del Océano Ártico se ha reducido en 2,7% por decenio.

Según menciona el informe de la ONU, las nuevas proyecciones indican un calentamiento más rápido que se traduce en:

- Un aumento de las emisiones de gases de efecto invernadero al ritmo actual o más acelerado causaría más calentamiento e induciría muchos cambios en el sistema climático mundial durante el siglo XXI, que muy probablemente sean más importantes que los observados en el siglo XX.

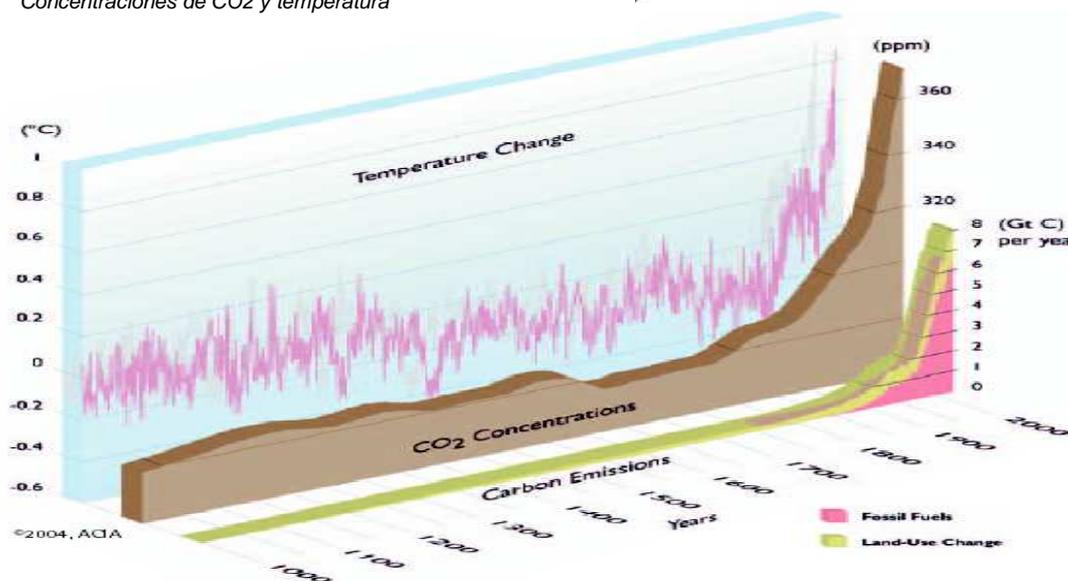
En dicho contexto, cabe rescatar que ha sido a partir de la industrialización que la sociedad moderna comenzó el uso masivo de combustibles fósiles como carbón, petróleo y gas natural. Estos materiales contienen cantidades grandes de carbono que son expulsados a la atmósfera durante el proceso de combustión en forma de dióxido de carbono.

- -El grado de calentamiento depende de la cantidad de emisiones. Si las concentraciones de dióxido de carbono se estabilizaron en 550 ppm (el doble de los niveles preindustriales), el calentamiento promedio previsto probablemente fluctuará entre 2-4,5°C, con el mejor estimado en los 3°C, o 5,4°F. En cada uno de los dos próximos decenios se prevé un calentamiento de 0,2°C por década con varios posibles desarrollos que no incluyan reducciones en las emisiones de gases de efecto de invernadero.

En este contexto es importante desatacar la relación que existe entre el aumento del dióxido de carbono y el aumento de la temperatura considerando que existen autores que pretenden negar dicha relación (revisar gráfico 1.2)

Gráfico 1.2 1000 años de cambios en las emisiones de carbono

Concentraciones de CO₂ y temperatura



Fuente: *Artic climate impact assessment (ACIA), [en línea], Impacts of a warming Artic. Executive summary: Artic climate change and its impacts. p. 2, Dirección URL: <http://amap.no/acia/> , [Consultado: 25 de Marzo de 2009].*

- Existen otros gases de efecto de invernadero que contribuyen al calentamiento y si estos resultan en un nivel de dióxido de carbono de 650 ppm, el clima mundial "probablemente" se calentaría en 3,6°C, mientras que a 750 ppm se produciría un calentamiento de 4,3°C. Las proyecciones dependen de factores como el crecimiento económico, la población, las nuevas tecnologías y otros.

Es indispensable considerar que las manifestaciones que se presentan en el medio ambiente no son resultados dispersos. Ello es resultado de la alteración que el hombre ha hecho a los ciclos de energía, es decir, de los ciclos hidrológico, de la agricultura, la ganadería, la piscicultura, silvicultura, entre otras actividades para

satisfacer sus necesidades, en dicho ciclo se incorpora la acumulación de contaminantes y alteraciones al ambiente⁵³. En este sentido, se trata de un ciclo, en donde un fenómeno da pie a que se produzca otro.

1.2. BASES TEÓRICAS DEL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL

1.2.1. GLOBALIZACIÓN ECONÓMICA

Sucede que actualmente vivimos en momentos de rápida transformación que agregan elementos, opciones variadas, resaltan la diversidad ofrece nuevas relaciones entre individuos, y por lo tanto entre colectividades, por ello se ha convertido la cultura en el centro de los debates, como base para entender una sociedad y como fuente de explicación ante una realidad volátil y diversa⁵⁴. Por ello, es indispensable definir qué es globalización para, a partir de sus acepciones, analizarla y, en la medida de lo posible, comprenderla; de este modo podemos encontrar las siguientes definiciones.

Sin llegar a un aspecto económico Antaki Ikram la define como:

Proceso histórico que seguirá su evolución y buscará extenderse al conjunto del globo. Supone, ante todo, la eliminación de los obstáculos técnicos en el campo de los transportes y de las comunicaciones. Dinámica irreversible, independiente de la acción gubernamental. Significa un acceso más amplio pero no igual; el lado técnico de la globalización es la estandarización y la homogeneización⁵⁵.

Por su parte el sociólogo Immanuel Wallerstein hace referencia a una estructura económica mundial:

⁵³ Cfr.: Jorge Muñoz Barret, *Los recursos naturales y su protección jurídica en México*, en: Jorge Muñoz Barret, *et. al., Op. Cit.*, p. 25.

⁵⁴ Lourdes Arizpe, "Diversidad, cultura y globalización", en: Ileana Cid Capetillo, *Diversidad cultural, economía y política en un mundo global*, México, UNAM-FCPyS, 2001, p.13.

⁵⁵ Antaki Ikram, *A la Vuelta del Milenio*, México, Planeta, 2001, p. 115.

Proceso declaradamente nuevo, en el que se dice que los estados ya no son las unidades primarias de la toma de decisiones, sino que ahora, se encuentran ubicados en una estructura, el mercado mundial, quien dicta la reglas⁵⁶.

Desde una visión económica James Petras menciona que:

'Globalización' se refiere a los flujos transnacionales de mercancías, inversión, producción y tecnología⁵⁷

El Doctor Edmundo Hernández-Vela la diferencia de la mundialización al definirla como:

Fenómenos de naturaleza o base física que abarcan todo el globo terráqueo, como el de las telecomunicaciones, la informática y las redes de información. Término inapropiado para referirse a los procesos de carácter eminentemente social de tendencia, alcance o extensión mundial, como el uso y contenido de las propias telecomunicaciones y redes de información, incluyendo la Internet y la telaraña mundial de redes, que están y son mejor comprendidos en la mundialización.⁵⁸

En el Manifiesto Comunista se hace un acercamiento a ella al establecer que:

En lugar del antiguo aislamiento de las regiones y naciones que se bastaban a sí mismas, se establece un intercambio universal, una interdependencia universal de las naciones. Y eso se refiere tanto a la producción material como a la producción intelectual. La producción intelectual de una nación se convierte en patrimonio común de todas. La estrechez y el exclusivismo nacionales resultan

⁵⁶ Immanuel Wallerstein, *Conocer el Mundo, Saber el mundo, el Fin de lo Aprendido. Una Ciencia Social para el siglo XXI*, México, coed. Siglo XXI, UNAM, CIICyH, 2001 p. 218.

⁵⁷ James Petras, *La globalización desenmascarada: el imperialismo del siglo XXI*, México, Porrúa, 2003, p. 31.

⁵⁸ Edmundo Hernández-Vela Salgado, *Diccionario de política internacional*, Tomo I, México, Porrúa, 2002, p. 501.

*de día en día más imposible; de las numerosas literaturas nacionales y locales se forma una literatura universal.*⁵⁹

Como es posible observar las definiciones distan mucho de llegar a un consenso, no obstante podemos señalar, a partir de las mismas, que la globalización es un fenómeno en el que se reconoce que las economías están relacionadas en un complejo sistema planetario, en el que se crea un proceso de interdependencia de la producción y la comercialización en una economía mundo, se trata entonces de una homogenización y suponer un mercado cada vez más uniforme que demanda las misma mercancías.

Sin embargo, la globalización también plantea problemas y retos pues los Estados, empresas e individuos se ven obligados a especular en términos de competitividad, es decir, en la actualidad la capacidad de competir en el mercado, a partir de lo que se conoce como ventajas competitivas basadas en las diferencias de precios, calidad, capacitación o disponibilidad de tecnologías hacen más atractivos los productos generados por un país, una persona o una empresa. Todo lo cual replantea la división internacional del trabajo, modifica la relación empleado-empresa y el papel del Estado para llegar al bienestar social, pues éste se ve obligado a facilitar el flujo económico a costa de los menoscabos sociales que dicho flujo provoque.

Como hemos visto la globalización ha sido representada por una conexión de los mercados internacionales, una transformación en las comunicaciones y un desarrollo tecnológico sin precedentes; no obstante dicho fenómeno no ha permeado el desarrollo equitativo de las sociedades, al contrario ha logrado:

-Un retroceso real de una subjetividad exclusivamente racional e individual a favor de un movimiento de homogenización del individuo del sujeto.

⁵⁹ Carlos Marx; Federico Engels, *Manifiesto Comunista*, La Habana Cuba, Ciencias Sociales, Instituto cubano del libro, 1971 p. 30.

- Ha terminado con cualquier legitimidad de los sujetos separándolos de su propia experiencia.
- Ha enmarcado de forma autónoma y específica los discursos en el escenario internacional.
- Borra cualquier noción de reconciliación individual y colectiva, al romper los troncos étnicos y con ellos los lazos familiares.
- Transforma los espacios comunes en espacios de circulación y no de continuación en los proyectos nacionales.
- Da importancia al momento y no a la memoria del sujeto.⁶⁰

Aunado a todo lo anterior la globalización ha significado el empequeñecimiento del mundo debido a que cualquier fenómeno que afecte a una región, sea económico, o político, o social, tiene consecuencias en todo el planeta; lo cual pone en crisis las identidades de diferentes sociedades y, por ende, sus culturas. Ello ha cambiado la forma de vivir y percibir la realidad, tanto propia como la del resto de las sociedades, requiriendo un nuevo análisis sobre las concepciones que tenemos sobre la formación de las identidades y su nexos con la cultura, y cómo éstas modifican las bases sociales, con lo cual pueden influir en instituciones, paradigmas y el escenario internacional. Tarea ardua, pero no imposible, la de encontrar en nuestra experiencia el modo de definirnos, para así convivir con nuestro entorno.

El único modo en el que podemos transformar nuestra realidad actual es la búsqueda de alternativas con proyectos endógenos, y no exógenos como hasta el momento se ha hecho, que tengan la capacidad de escuchar y aprender de lo ajeno sin tener que dejar atrás lo nuestro, así la política estará “orientada a la creación de condiciones para un diálogo en condiciones de igualdad que potencie las diferencias en lugar de ignorarlas o pretender eliminarlas, que nos plantee la pregunta conjunta de cómo podemos a la vez transformar el mundo y estar en

⁶⁰ Cfr.: Manuel Reyes Mate, *¿Existe un espacio propio latinoamericano?*, en: Manuel Antonio Garretón, *América Latina: un espacio cultural en el mundo globalizado*, Santa Fe de Bogotá Colombia, Convenio Andrés Bello, 2002, pp. 76-78.

diálogo armónico con él”⁶¹. Así el desarrollo buscará ampliar cosmovisiones que den salida, bajo un esquema integrador y multifacético, a problemas estructurales que nos atañen y no como los que han buscado respuestas individualizadas y fuera de nuestro contexto diario.

De este modo los temas que se debaten hoy por hoy, no sólo hacen que el estudio de las Relaciones Internacionales se forje en una amplia gama, también permite observar que en la actualidad lo único que vale es analizar coyunturas, es decir se tiene una visión *presentista* de la realidad internacional. Esta tendencia hace que “los internacionalistas contemporáneos hayan pretendido cerrar los ojos a la Historia [...] limitar su mirada hacia el pasado”⁶², claro está que en la actualidad es imprescindible tomar decisiones importantes de manera rápida, lo cual del mismo modo demuestra que la globalización hace que el hombre pierda ese interés por la experiencia y memoria histórica, pues ahora vive en una cadena de vivencias que no las relaciona con el pasado, es decir, se basa únicamente en conceptos, que en la mayoría de los casos no coinciden con su realidad.

A partir de lo anterior se puede hablar de una globalización de la contaminación que se explica a partir de la globalización de la economía o globalización comercial. La primera es definida como “el incremento de las relaciones económicas”⁶³, y la segunda como la rapidez del proceso de transacciones económicas y financieras⁶⁴

Dentro de ésta globalización económica y comercial se encuentra la globalización industrial que hace referencia, en nuestra opinión al hecho de que los procesos de producción se hayan homogenizado y extendido a través de todo el mundo.

⁶¹ Samuel Sosa Fuentes, *Globalización e identidad cultural: democracia y desarrollo*, *Kaos Internacional*, Revista independiente de análisis internacional, núm. 9, año II, México, 2000, p. 23.

⁶² David Sarquís, *Op. Cit.*, p. 14.

⁶³ Miriam Alfie Cohen, *Op. Cit.*, pp.30-31.

⁶⁴ Véase: Vidal I. Ibarra Puig; Nicté Cuxta Manrique Muñoz Ledo, *II Congreso Interdisciplinario Sobre Globalización, Comercio Internacional y Empresas Mexicanas*, [en línea], Dirección URL: www.unicaribe.edu.mx/general/anuncios/observatorio/presentacion%20ii%20congreso.pdf, [consultado: 29 de Abril de 2008].

1.2.2. INDUSTRIALIZACIÓN: CARACTERÍSTICAS DEL IMPACTO AMBIENTAL

Vivimos en un mundo que se ha transformado de manera paulatina por una serie de procesos tales como la industrialización como consecuencia del sistema productivo capitalista. Esto ha provocado cambios en el medio ambiente los cuales han sido desfavorables considerando que han producido efectos negativos como es el calentamiento global, la escasez de recursos naturales, pérdida de biodiversidad, la contaminación del agua, aire y suelo, la generación de desastres naturales, entre otros.

Nos encontramos frente a una serie de procesos que han redefinido nuestra forma de interactuar en nuestro medio y que ha fundado un proceso de causa-efecto tanto en nuestro entorno como en nuestros sistemas de sobrevivencia mantenidos sobre la base de un capitalismo que nos ha brindado los satisfactores para poder vivir.

En este contexto la comprensión de la incidencia del sistema productivo en el medio ambiente requiere de una revisión de las bases teóricas que explican la manera en la que opera el sistema productivo así como su dinámica racional de producción para entender sus impactos ambientales

Los problemas ambientales, es decir, la degradación del medio ambiente, la escasez de recursos naturales básicos y de recursos energéticos, el deterioro de la capa de ozono, la contaminación, el calentamiento global, han sido unos de los tantos problemas que nos enfrentamos en la actualidad y encuentran su base explicativa a partir de una serie de perspectivas ideológicas. Por una parte aparecen como el resultado de la presión ejercida por la explosión demográfica sobre los recursos limitados del planeta. Por otro lado son interpretados como el efecto de un proceso de acumulación de capital y de las condiciones de maximización de la tasa de ganancias, que inducen patrones tecnológicos de uso y

ritmos de explotación de la naturaleza, así como formas de consumo, que han ido agotando rápidamente las reservas naturales de recursos no renovables y degradando fuertemente la capacidad productiva y las condiciones de regeneración de los recursos bióticos del planeta.⁶⁵ En éste sentido nos ocuparemos de éste último proceso ideológico desde un ámbito micro o individual, es decir a partir de la acumulación dentro de la sociedad; y desde un sentido macro, haciendo referencia a las empresas productoras.

Desde el siglo XIX se comenzó a suscitar un cambio en el mundo que concretaría su rumbo hasta la actualidad, surgió un proceso de transformación económica que definiría la dinámica social: la Revolución Industrial. En éste periodo brotaron nuevas tecnologías y se desarrollo la ciencia. Como consecuencia se manifestó una creciente tendencia de la explotación de los recursos naturales tanto renovables como no renovables.

En este escenario la propiedad privada, la apropiación de los recursos y la formación de monopolios se convirtieron en hechos innegables. La producción y las ciudades fueron creciendo de manera paralela, desmedida y constante ya que el incremento de la población produjo un incremento en las necesidades humanas. No obstante, a pesar de las señales que se estaban presentando en la naturaleza la industria se siguió desarrollando alcanzando su cumbre. Esto permitió una mejora de la vida del ser humano sin embargo para la naturaleza significó un deterioro ya que las poblaciones incrementaron aun más y se expandió la cultura consumista y por lo tanto la explotación de los recursos naturales.

Sin embargo estos problemas ambientales, más allá de originarse desde la acción de cada individuo, se han generado por las grandes empresas que han dado una mecánica constante a la movilización de la economía destructiva.

⁶⁵ Cfr.: Enrique Leff (coord.), *Op. Cit.*, p 72.

Este proceso ha sido producto de los intereses económicos de los agentes económicos internacionales que han establecido un sistema productivo de sobre-explotación de los recursos sustentado sobre la base de una ideología predominante, la capitalista. Dicha ideología, enfocada al bienestar, se encuentra enfocada a mejorar la calidad de vida a partir de beneficios materiales y la acumulación de éstos. El hombre ha sobre-explotado la naturaleza, secado los ríos y arrasado con toda forma de vida con el fin de satisfacer sus propios intereses. Ya no se trata sólo de abastecer al hombre con los recursos necesarios que estén en función de sus necesidades primarias, sino que surge un nuevo concepto propio del siglo XX y XXI que se refiere al establecimiento de necesidades secundarias o creadas, así como una lucha silenciosa entre los agentes económicos por el acaparamiento de los recursos y del mercado mundial con el fin de obtener un poder económico predominante.

Dentro de ésta búsqueda de un excedente y poder económico las empresas han estimulado la creación de una cultura del consumo sostenida por carteles “glamorosos” y mensajes subliminales creando un nuevo modo de felicidad que se sustenta en la mayor adquisición de bienes, es decir, entre mayores bienes se tengan mayor felicidad se obtendrá además de seguridad en el ámbito de la vida de las familias. Es en este contexto el comportamiento humano ha quedado en segundo término como consecuencia de sus acciones; es decir, el comportamiento humano ha sido modificado bajo los parámetros del consumismo.

Por lo anterior, resulta indispensable explicar los conceptos y lineamientos bajo los cuales se puede comprender la dinámica social y la empresarial en un contexto capitalista.

1.2.3. CONCEPTOS EXPLICATIVOS DE LA DINÁMICA SOCIAL CAPITALISTA

Existen una serie de elementos y conceptos que permiten comprender nuestra dinámica en función al capitalismo. El progreso por un lado ha definido un patrón

de pensamiento en donde nuestro fin último es alcanzar el éxito entendido como el hecho de “desarrollar al máximo el potencial de cada uno, se trata de una sensación autosuperadora permanente”⁶⁶ En este sentido se trata de ir hacia delante en todos los sentidos, es decir, buscar innovaciones, aunque signifique crear productos obsoletos; buscar nuevas comodidades, creando en ocasiones una mayor dependencia hacia los productos que lo ofrecen; otorgar mayor seguridad desde un sentido general, por ejemplo, creando sistemas de seguridad para el hogar, para el transporte, así como seguridad en el sentido más simple como es el caso de tener una cuenta bancaria que te ofrezca confianza.

Otro concepto que nos define es el individualismo social que es una forma de antropocentrismo fuerte, de bienestar personal por encima de la ética; el cual se opone a la solidaridad colectiva, profundizando las desigualdades y limitando las posibilidades de mejores condiciones de vida para todos.

El individuo como resultado del individualismo; estructura su identidad con base a dos dimensiones; primero como resultado de las relaciones con el “otro”. Y en segundo caso como resultado de las relaciones que económicas, sociales y políticas con la sociedad.

El reto es rescatar a la persona del individuo y de la persona la condición humana que la hace solidaria y respetuosa a través de relaciones dialógicas y armónicas con el medio ambiente. Los problemas ambientales que nos afectan necesitan de relaciones armónicas para lograr el consenso colectivo por encima del individualismo. La participación ciudadana mediante la educación ambiental constituye un canal de actuación eficiente.⁶⁷

⁶⁶ Carlos Arteaga; Silvia Solís (coordinadores), *Necesidades sociales y desarrollo humano. Un acercamiento metodológico*, México, coed. UNAM, Plaza Valdés, 2005. p. 29.

⁶⁷ Cfr.: María Del Rosario López Vidal, *Espacio local y educación ambiental para el desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa16/m16p09.pdf>, [consultado: 25 de Mayo de 2008].

Materialismo, en donde lo material prevalece sobre lo espiritual; en donde nuestro sentido del éxito se torna alrededor de los valores materiales. En donde incluso nuestro fin ultimo es obtener y acumular este tipo de valores para sentirnos felices o autorrealizados.

Desde una visión más filosófico se encuentra el naturalismo en donde se retoman las ideas de la selección natural, en este sentido el más fuerte es el que prevalece lo cual se encuentra relacionado con la idea del progreso, ya que la superioridad que uno adquiere frente a otro es estrictamente en términos monetarios y materiales.

En otra perspectiva, cabe rescatar que uno de los mayores sistemas organizativos a los que nos enfrentamos en la actualidad es la dependencia que hemos creado hacia la naturaleza y hacia la obtención de provisiones necesarias y la satisfacción de las necesidades básicas a través de las empresas productoras.

En la actualidad, son muy pocas las personas que cosechan sus propios alimentos y hacen sus propios materiales y herramientas; incluso podría decirse que no existen. En pleno siglo XXI y desde mucho antes, nuestras necesidades se han ampliado hasta el punto en que se ha convertido en algo indispensable tener cierto tipo de productos para realizar las actividades de nuestra vida diaria. Nuestra dependencia hacia la producción empresarial es tanta que no podemos ir una semana sin sentirnos vacíos si no tuvimos la oportunidad de ir al supermercado y abastecernos de ropa, carne, jugos, leche, herramientas, y otros productos que nos ofrece el mercado.

Es en este sentido, que la dinámica social capitalista se ha insertado en un modelo de dependencia generada por la creación de un sistema organizado de la producción en donde – en términos simples- algunos son los que producen y otros los que trabajan para poder obtener dicha producción.

1.2.4. CONCEPTOS EXPLICATIVOS DE LA DINÁMICA EMPRESARIAL

El concepto propio de la dinámica empresarial es la libertad en donde se han creado acepciones como la libertad de comercio, la libre empresa, libertad de producción, etc., que se explican por un manejo sin restricciones o regulaciones de la actividad económica.

Individualismo Económico, como teoría y doctrina, trata de explicar la conducta humana en términos puramente económicos, viendo al “hombre económico” racional e interesado sólo en lo suyo, que conduce a valores sociales e individuales apropiados para el adecuado funcionamiento del orden social de las sociedades capitalistas.⁶⁸

Desde sus orígenes, la base del pensamiento económico de raíz clásica fue el sujeto individual, cuya conducta constituye el fundamento último sobre el que se edificó el aparato teórico de las modernas economías de mercado. En ellas, el funcionamiento ideal de los mercados competitivos tiene adjudicada la noble y silenciosa misión de conducir espontáneamente a la sociedad entera a un orden no sólo natural y justo, sino también sistemáticamente posible y comparativamente más eficiente e innovador que cualquier otro.⁶⁹

Entre los componentes propios del capitalismo, la empresa visualiza tanto los elementos tangibles e intangibles, como los internos y externos como mercancía.

Así, desde una perspectiva más filosófica, la economía, en términos generales, se encuentra apartada de una reflexión ética. Es decir, la actuación de la empresa en ocasiones sobrepasa los postulados sobre ética en el sentido de que se mantiene

⁶⁸ Cfr.: Rafael Alhama Belamaric; Francisco Alonso Arrastra, *Reflexiones acerca de la complejidad y jerarquización de los trabajos. transformaciones de una economía de servicios avanzados en evolución*, [en línea], Dirección URL: http://nodo50.org/cubasi gloXXI/economia/alhama_310505.pdf, [consultado: 25 de Mayo de 2008].

⁶⁹ Cfr.: Hugo D. Ferullo, *La inclusión de la solidaridad en el pensamiento económico tradicional*, [en línea], Dirección URL: <http://doc.politiquessociales.net/serv1/ferullo-3.pdf>, [consultado: 25 de Mayo de 2008].

una mentalidad fría que únicamente funciona con base en una lógica que solamente tiende hacia la producción, las ganancias y el consumo.

Por otro lado, se presenta una tendencia hacia la rotación del capital con el fin de aumentar las ganancias -reforzada por las innovaciones técnicas- lo cual ha creado que varios artefactos industriales se vuelvan obsoletos. En este sentido, son varios los productos que son diseñados para que tengan poca duración y que sean de difícil reparación. Gracias a dicha estrategia, las empresas productoras consiguen que los productos sean desechados y de esta manera mantienen la demanda.⁷⁰

Por último, cabe destacar *la moda*, la cual se ha convertido en uno de los principales motores del capitalismo y la dinámica de la producción. Este factor crea una “obsolescencia subjetiva, que obliga a desechar objetos que tienen una perfecta utilidad dada sus capacidades funcionales, sin embargo se convierte en algo inaceptable ya que no es acogido por la sociedad al estar pasado de moda”.⁷¹

Es momento de que el hombre, absorbido por la tarea de conquistar la naturaleza preste atención y se esfuerce por conciliar los conflictos derivados de su función dual como manipulador y como habitante de los ecosistemas⁷², de lo contrario su devastación será inminente, tanto de la naturaleza, en primera instancia, como del hombre mismo.

1.3. BASES JURÍDICAS ENTORNO A LA REGULACIÓN AMBIENTAL

Es la actividad humana la que afecta de manera directa al ambiente por lo tanto es indispensable que exista un ordenamiento jurídico que regule la relación de éste con su medio. Es indiscutible que a partir de la Conferencia sobre el Medio

⁷⁰ Cfr.: Joaquín Sempere; Jorge Riechmann, *Sociología y medio ambiente*, Madrid, Síntesis Sociología, 2004, p.144.

⁷¹ Cfr.: *Idem*.

⁷² Cfr.: Eugene P. Odum, *Ecología*, México, Interamericana, 1987, p. 3, citado por: Jorge Muñoz Barret; *Op. Cit.*, p.24.

Ambiente Humano que se llevó a cabo en Estocolmo, Suecia, la dimensión del problema ambiental se hizo presente en los foros multilaterales y de la cual emanaron algunas de las Instituciones que hoy en día salvaguardan los intereses ambientales; si bien, todas son importantes nos remitiremos a los instrumentos jurídicos con los cuales México ha creado una serie de lineamientos legales en nuestro país que velan por la protección del ambiente y que tiene como base los Tratados⁷³, Acuerdos Administrativos⁷⁴ y Protocolos que nuestro país ha ratificado.

Para poder considerar la posición mexicana en las cuestiones medioambientales es necesario hacer un recuento de la modificación de leyes, creación de instituciones y ratificaciones de tratados en la materia, lo cual nos permite comprender cómo el gobierno de México esta avanzando en el tema y como se adapta a las situaciones que el cambio climático impone. Las bases constitucionales, siendo estas las de mayor jerarquía, para preservar el medio ambiente se encuentran, entre varios que pueden mencionarse, en los siguientes artículos de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos:

1. Artículo 4, que se refiere al derecho fundamental de protección a la salud⁷⁵;
2. Artículo 27, que se refiere a la conservación de los recursos naturales;

⁷³ Entendemos como Tratado, según la Convención de Viena sobre el Derecho de los Tratados de 1969 en el artículo 2º sobre los términos empleados, a todo acuerdo internacional celebrado por escrito entre Estados y regido por el Derecho Internacional, ya conste en un instrumento único o en dos o más instrumentos conexos y cualquiera que sea su denominación particular. Jorge Palacios Treviño, *Tratados, legislación y práctica en México*, México, SRE – Dirección general del Acervo Histórico Diplomático, 2003, p. 182.

⁷⁴ Un acuerdo administrativo es un convenio que se celebra generalmente a nivel interinstitucional y se concluye o finaliza mediante un canje de notas entre cancillerías o entre una cancillería y una embajada. Este tipo de acuerdos no requieren la aprobación constitucional, e inclusive, es común que se base en un tratado formal en vigor o que las acciones acordadas estén comprendidas en las funciones propias de las instituciones o entidades que son parte del acuerdo. Raúl Valdés Aguilar; *Terminología usual sobre práctica y Derecho Diplomático*, México, SRE – Dirección general del Acervo Histórico Diplomático, 2008, p. 18.

⁷⁵ Pedro César Cantú Martínez, *México Marco Legal Vigente En Materia Ambiental*, [en línea], Facultad de salud Pública y Nutrición, UANL, VI Congreso Regional de Químicos Farmacéuticos Biólogos, Biblioteca Universitaria "Raúl Rangel Frías" 25 –27 de Agosto de 2004, Dirección URL: www.respyn.uanl.mx/especiales/ee-10-2004/ponencias-pdf/p13.pdf, [consultado: 14 de Septiembre de 2009].

3. Artículo 25 en el párrafo sexto, que se refiere al cuidado del medio ambiente, con motivo de la regulación del uso de los recursos productivos de los sectores social y privado;
4. Artículo 73 en la fracción xvi, que se refiere a la prevención y al control de la contaminación ambiental;
5. Artículos 115 y 124, que se relacionan con la competencia de los Gobiernos de los Estados y Municipios, y su participación en la temática ambiental.⁷⁶

Dentro de los ordenamientos jurídicos en materia ambiental encontramos:

Ley Federal Para Prevenir y Controlar la Contaminación Ambiental (LFPCCA) 1971 a 1982.

Ley Federal de Protección al Ambiente (LFPA) 1982 a 1988

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 1988 a 1996

Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA) 1996 a la fecha (Modificaciones De Dic. 96)⁷⁷

Además de dichas leyes el marco jurídico mexicano esta sustentado de manera transversal por las siguientes leyes:

- Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable que abrogó a la Ley Forestal.
- Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos
- Ley de Pesca.
- Ley General de Vida Silvestre que abrogó a la Ley Federal de Caza.
- Ley de Aguas Nacionales.
- Ley General de Bienes Nacionales.
- Ley General de Salud.

⁷⁶ José Manuel Vargas Hernández, *Desarrollo de la Legislación Ambiental en México*, Instituto Nacional de Ecología (INE), [en línea] Dirección URL: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/395/vargas.html>, [consultado: 14 de Septiembre de 2008].

⁷⁷ Cfr.: Pedro César Cantú Martínez, *Op. Cit.*

- Ley Federal de Sanidad Vegetal.
- Ley Federal del Mar.
- Ley Minera.
- Ley General de Asentamientos Humanos.
- Ley Orgánica de la Administración Pública Federal.
- Leyes estatales ambientales y las relacionadas con los recursos naturales.
- Ordenanzas municipales.
- Nuevo Reglamento Interior de la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (Antes SEDUE, SEDESOL, SEMARNAP hoy SEMARNAT D.O.F. 21 de enero de 2003).⁷⁸

Dentro de los instrumentos específicos de la política ecológica encontramos:

1. *Planeación ecológica*
2. *Ordenamiento ecológico*
3. *Evaluación del impacto ambiental*
4. *Normas técnicas ecológicas (NTE) y/o las Normas oficiales mexicanas (NOM)*
5. *Medidas de protección de áreas naturales*
6. *Investigación y educación ecológica*
7. *Información y vigilancia*⁷⁹

Es necesario recalcar los propósitos de la LGEEPA, la cual es actualmente el cuerpo normativo del derecho ambiental⁸⁰ mexicano, que actuando en los rubros de distribución de competencias; instrumentos de política ambiental; biodiversidad; contaminación ambiental; participación social e información ambiental;

⁷⁸ Cfr.: José Manuel Vargas Hernández, *Op. Cit.*

⁷⁹ Cfr.: Pedro César Cantú Martínez, *Op. Cit.*

⁸⁰ El Derecho Ambiental, en opinión de Raúl Brañes, puede definirse como el conjunto de normas jurídicas que regulan las conductas humanas que pueden influir de manera relevante en los procesos de interacción que tienen lugar entre los sistemas de los organismos vivos y sus sistemas de ambiente, mediante la generación de efectos de los que se espera una modificación significativa de las condiciones de existencia de dichos organismos. Brañes Raúl, *Derecho Ambiental Mexicano*, México, Fundación Universo Veintiuno, A. C., 1987, p. 24; citado en: Jorge Muñoz Barret *et. al*, *Op. Cit.*, p. 19.

responsabilidades, procedimientos administrativos y sanciones, y denuncia popular, se propone:

- . *Establecer un proceso de descentralización ordenado, efectivo y gradual de la administración, ejecución y vigilancia ambiental a favor de las autoridades locales.*
- . *Ampliar los márgenes legales de participación ciudadana en la gestión ambiental, a través de mecanismos como la denuncia popular, el acceso a la información ambiental y la posibilidad de impugnar por medios jurídicos los actos que dañen al ambiente en contravención de la normatividad vigente.*
- . *Reducir los márgenes de discrecionalidad de la autoridad, a fin de ampliar la seguridad jurídica de la ciudadanía en materia ambiental.*
- . *Incorporar instrumentos económicos de gestión ambiental, al igual que figuras jurídicas de cumplimiento voluntario de la ley, como las auditorías ambientales.*
- . *Fortalecer y enriquecer los instrumentos de política ambiental para que cumplan eficazmente con su finalidad.*
- . *Incorporar definiciones de conceptos hoy considerados fundamentales como los de sustentabilidad y biodiversidad, a fin de aplicarlos en las distintas acciones reguladas por el propio ordenamiento.*
- . *Asegurar la congruencia de la LGEEPA con las leyes sobre normalización, procedimientos administrativos y organización de la Administración Pública Federal.*⁸¹

Además es importante señalar que la LGEEPA cuenta con reglamentación en diversos rubros como:

- Impacto Ambiental (Nuevo reglamento publicado en el *D.O.F.* el 30 de mayo de 2000 abrogó al reglamento del 7 de junio de 1988).
- Residuos Peligrosos (Publicado en el *D.O.F.*, 25 de noviembre de 1988).
- Contaminación Originada por la Emisión del Ruido (Publicado en el *D.O.F.*, 6 de diciembre de 1982).

⁸¹ SEMARNAP-PROFEPA; *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, México, SEMARNAP, 1997, pp. 22-23.

- Prevención y Control de la Contaminación Atmosférica (Publicada en el *D.O.F.*, 25 de noviembre de 1988).
- Prevención y Control de la Contaminación Generada por los Vehículos Automotores que Circulan por el Distrito Federal y los Municipios de su Zona Conurbana (Publicado en el *D.O.F.*, 25 de noviembre 1998).
- Para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos. (Publicado en el *D.O.F.*, 7 de abril de 1993).
- Áreas Naturales Protegidas (Nuevo reglamento publicado en el *D.O.F.* de 30 de noviembre de 2000).
- Auditoría Ambiental (Nuevo reglamento publicado en el *D.O.F.* de 29 de noviembre de 2000.⁸²

La experiencia de regulación ambiental, se puede resumir en una toma de conciencia, que ha evolucionado a través de los años y que han cambiado muchos de los principios en los que se sustentaba el sistema jurídico. El primero de ellos que fue reconocido como tal fue la contaminación atmosférica a finales de la década de los sesenta, y fue en el Distrito Federal en donde surgieron los primeros focos de alerta y alarma que detonaron la toma de conciencia y la búsqueda de soluciones a nivel ambiental; el campo jurídico no fue ajeno a este proceso, aparecieron las primeras regulaciones para el control de emisiones contaminantes, que eran aplicadas por la entonces Secretaría de Salubridad y Asistencia.⁸³

No obstante tenemos que tomar en cuenta que la realidad internacional nos obliga a adaptarnos a los esquemas globalizadores, lo cual se demuestra en la inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo (PND) del esquema de desarrollo sustentable, lo cual modifico la aplicación de la LGEEPA, para enfocarse en una política de desarrollo nacional basada en:

⁸² José Manuel Vargas Hernández, *Op. Cit.*

⁸³ *Cfr.:* María del Carmen Carmona Lara, *Legislación Ambiental en el Distrito Federal*, Boletín Mexicano de Derecho Comparado, UNAM, [en línea] Dirección URL: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/87/art/art4.htm>, [consultado el 14 de septiembre 2008]

1. La vertiente del desarrollo social a cargo de la Secretaría de Desarrollo Social (SEDESOL).
2. La vertiente del desarrollo rural a cargo de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).
3. La vertiente del desarrollo sustentable a cargo de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).

Bajo dichas vertiente el gobierno federal propone, en el Plan Nacional de Desarrollo, que México trabaja sobre la idea de un desarrollo humano sustentable que le permita un desarrollo en todos los aspectos apoyado en la acción de un gobierno involucrado en cada uno de dichos aspectos y comprometido con ese desarrollo teniendo en cuenta la protección del medio que le rodea, no obstante en su eje número 4 acepta que:

La sustentabilidad ambiental se refiere a la administración eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras. Uno de los principales retos que enfrenta México es incluir al medio ambiente como uno de los elementos de la competitividad y el desarrollo económico y social. Solo así se puede alcanzar un desarrollo sustentable. Desafortunadamente, los esfuerzos de conservación de los recursos naturales y ecosistemas suelen verse obstaculizados por un círculo vicioso que incluye pobreza, agotamiento de los recursos naturales, deterioro ambiental y más pobreza.⁸⁴

Todo lo anterior, aunado a la ratificación de un sin número de tratados en materia ambiental (basta mencionar el Convenio sobre Diversidad Biológica; la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático y su Protocolo de Kyoto; el Convenio de Estocolmo, sobre contaminantes orgánicos persistentes; el Protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan la capa

⁸⁴ Plan Nacional de Desarrollo 2007-2012, [en línea], Dirección URL: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=sustentabilidad-ambiental>, [consultado: 14 de septiembre de 2008]

de ozono; la Convención de Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación; la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres; y los Objetivos del Milenio de la Organización de las Naciones Unidas), nos permite observar como el gobierno mexicano ha trabajado en su legislación para hacer frente a la situación ambiental, no obstante es necesario reconocer que los esfuerzos son mínimos ante los propios problemas del país.

Es así que Petróleos Mexicanos (PEMEX), como una de las industrias de mayor importancia para el gobierno mexicano, se ha alineado a esta tendencia comprometiéndose a acatar las Normas Oficiales Mexicanas (NOM), alrededor de 106 normas vigentes orientadas a disminuir los impactos negativos en el medio ambiente, que incluyen las normas de reciente creación y aquellas de elaboración conjunta con otras secretarías⁸⁵ y que, por ende, regulan diversos aspectos de marco legal ambiental; por ello además de atender los lineamientos de la LEGEEPA tiene normas ecológicas y acuerdos para el control de la contaminación atmosférica y de aguas los cuales se refuerzan en el aspecto reglamentario con los siguientes:

- a) Reglamento en materia de impacto ambiental,
- b) Reglamento para el control de la contaminación atmosférica,
- c) Reglamento para la protección del ambiente por la emisión de ruido,
- d) Reglamento para la prevención y control de la contaminación de aguas,
- c) Reglamento en materia de residuos peligrosos, y
- e) Reglamento para el transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.⁸⁶

En lo que concierne a la actividad de PEMEX en la protección del ambiente a nivel internacional, éste debe atender los compromisos que han surgido de un sistema complejo de normas jurídicas en función de los principios del Derecho

⁸⁵ Revisar Anexo 11 donde se encontrarán las normas más destacadas.

⁸⁶ J. Quintanilla; M. Bauer, *Los grandes retos de PEMEX en materia ambiental*, en: Antonio Azuela, *et. al., Pemex: ambiente y energía, los retos del futuro*, México, coed. Unam-IIJ, PEMEX, 1995, p.229.

Internacional del Ambiente, pues ante todo impulsar el mejoramiento y el cumplimiento de la normatividad ambiental se ha convertido en un principio rector de la actividad de este sector⁸⁷, que se componen por:

A. Convenios Internacionales

- a) Convenio sobre Alta Mar de 1958, obliga a los Estados a dictar disposiciones con el fin de evitar contaminación por hidrocarburos vertidos en el mar por buques.
- b) Convención en Bruselas sobre la intervención en Alta Mar en caso de accidentes de 1969, la cual posibilita a Estados ribereños a tomar las medidas necesarias para prevenir, atenuar o eliminar peligros ocasionados por el vertimiento de hidrocarburos en sus costas.
- c) Convenio de Londres de 1973, además de llenar lagunas en el orden internacional sobre los vertimientos, instituye zonas en las que se prohíbe cualquier tipo de vertido.
- d) Convenio de Oslo para el Atlántico de 1972 y Convenio de Londres de 1972, ambos previenen la contaminación por vertimiento intencional de desechos por buques.
- e) Convenios en Materia de Responsabilidad, estos versan sobre la responsabilidad de resarcir los daños producidos por el vertido de hidrocarburos.
- f) Fondos Internacionales de Compensación, estos son de carácter privado y tiene el fin de compensar los gastos de limpieza ocasionados a países dañados por vertidos.
- g) Convenio de Basilea de 1989, sobre el control de los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y su eliminación.
- h) Convenio Internacional para prevenir la contaminación de las aguas del mar por hidrocarburos de 1954 (OILPOL/51) derogado por el Convenios Internacional para la Prevención de la Contaminación por Buques de 1983 (MARPOL 73/78).
- i) Convenio Internacional relativo a la intervención en alta mar en casos de accidentes que causen contaminación por hidrocarburos de 1969 (INTERVENTION/69).

⁸⁷ Cfr.: SENER; *Prospectiva de Petrolíferos 2005-2014*, México, SENER, 2006, p. 28.

- j) Convenio Internacional sobre la responsabilidad civil por daños causados por la contaminación por hidrocarburos de 1969 (CLC/69) y sus protocolos de 1976 y 1984, de éste último surge el incremento de las indemnizaciones por tales daños.
- k) Convenio Internacional sobre la constitución del Fondo Internacional de Indemnización de Daños debidos a la contaminación por hidrocarburos de 1971 (FUND/71) y sus protocolos de 1976 y 1984 que incrementaron las aportaciones pero no han entraron en vigor.
- l) Convenio relativo a la responsabilidad civil y material de transporte marítimo de materiales nucleares de 1971 (LMN/71).
- m) Convenio sobre la prevención de la contaminación del mar por vertimientos de desechos y otras materias de 1973 (CUMPING/72 o LDC/72).
- n) Protocolo relativo a la intervención en alta mar en casos de contaminación del mar por sustancias distintas a los hidrocarburos de 1973 (PROT/INTERVENTION/73).
- ñ) Convenio Internacional para prevenir la contaminación por buques de 1973 y su protocolo de modificación de 1978 (MARPOL 73/78).
- o) Convenio Internacional sobre cooperación, preparación y lucha contra la contaminación por hidrocarburos de 1990

B. Convenios Bilaterales México-Estados Unidos, entre los que destacan:

- a) Acuerdo de cooperación entre Estados Unidos Mexicanos y Estados Unidos de América sobre la contaminación del medio marino por derrames de hidrocarburos y otras sustancias nocivas de 1981, modificado en 1991.
- b) Acuerdo de cooperación entre Estados Unidos Mexicanos y Estados Unidos de América sobre movimientos transfronterizos de desechos peligrosos de 1986.

C. Convenios Bilaterales México-Canadá

- a) Convenio entre Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de Canadá sobre la cooperación industrial y energética de 1980.
- b) Acuerdo de Cooperación Ambiental entre el Gobierno de Estados Unidos Mexicanos y el Gobierno de Canadá de 1990.

D. Instrumentos Trilaterales

a) Destaca el adquirido por el Tratado de Libre Comercio (TLC) en 1994, por ende la entrada de México a la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE), que en cuestión ambiental se remite al Acuerdo de Cooperación Ambiental de América del Norte (ACAAN) y su Comisión para la Cooperación Ambiental de América del Norte (CCA) que plantea en su artículo 1º relacionado a los objetivos:

(a) alentar la protección y el mejoramiento del medio ambiente en territorio de las Partes, para el bienestar de las generaciones presentes y futuras;

(b) promover el desarrollo sustentable a partir de la cooperación y el apoyo mutuo en políticas ambientales y económicas;

(c) incrementar la cooperación entre las Partes encaminada a conservar, proteger y mejorar aún más el medio ambiente, incluidas la flora y la fauna silvestres;

(d) apoyar las metas y los objetivos ambientales del TLC;

(e) evitar la creación de distorsiones o de nuevas barreras en el comercio;

(f) fortalecer la cooperación para elaborar y mejorar las leyes, reglamentos, procedimientos, políticas, y prácticas ambientales;

(g) mejorar la observancia y la aplicación de las leyes y reglamentos ambientales;

(h) promover la transparencia y la participación de la sociedad en la elaboración de leyes, reglamentos y políticas ambientales;

(i) promover medidas ambientales efectivas y económicamente eficientes;

(j) promover políticas y prácticas para prevenir la contaminación.⁸⁸

E. Organismos Internacionales

a) Conferencias de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) sobra destacar que la actuación en materia ambiental surge en 1972 con la Conferencia de las

⁸⁸ Acuerdo De Cooperación Ambiental De America Del Norte Entre El Gobierno De Los Estados Unidos Mexicanos, El Gobierno De Canadá Y El Gobierno De Los Estados Unidos De America 1993, [en línea], Dirección URL, <http://semades.jalisco.gob.mx/assets/documentos/TratadosInt/AcuMexEuCnd.htm>, [consultado: 18 de Septiembre 2008].

Naciones Unidas sobre el Medio Humano en Estocolmo, posteriormente dicha actividad sería encabezada por el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) del cual surgieron la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el desarrollo de 1992 (CNUMAD o Cumbre de la Tierra, en la cual se reconoce que la protección del ambiente es esencial para el desarrollo económico y social; el Programa 21 de 1997 (Cumbre para la Tierra +5) la cual destaca la urgencia de adoptar vínculos jurídicos para la reducción de gases de efecto invernadero y al Cumbre Mundial sobre el Desarrollo Sostenible de 2002 la cual busca una traducción en acciones tangibles del Programa 21 por medio de un plan de Aplicación y la Declaración de Johannesburgo sobre el Desarrollo Sostenible; la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982 donde se amplía la protección de las costas y el medio marino, el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología de 2000 en el que se regula el uso de la biotecnología, la Convención Marco sobre el Cambio Climático de 1992 para la reducción de gases de efecto invernadero y su Protocolo de Kioto de 1997 con metas jurídicamente vinculantes y mecanismos para la reducción de las emisiones entre otras.⁸⁹

b) La Organización Marítima Internacional (OMI) la cual, como señala el Doctor José Eusebio Salgado y Salgado⁹⁰, ha logrado mediante un gran número de convenio y protocolos una navegación segura en un mar limpio con lo cual busca la protección de la vida humana y la prevención, y en su caso eliminación, de la contaminación del medio marino.⁹¹

En lo que respecta a la biotecnología, y sus usos, el marco legal aún se encuentra abierto pues en el ámbito multilateral las Naciones Unidas únicamente se han enfocado a la protección de la diversidad biológica mediante el Convenio sobre la Diversidad Biológica de 1992 y su protocolo sobre la Seguridad de la Biotecnología, o Protocolo de Cartagena, de 2000, ambos tienen como objetivo la conservación de la gran variedad de plantas, animales y microorganismos de

⁸⁹ Naciones Unidas; *ABC de las Naciones Unidas*, Nueva York, Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2006, pp. 269-274, 351-358.

⁹⁰ Cfr.: José Eusebio Salgado y Salgado, Organización Marítima Internacional, México, PEMEX, 1991; citado en: Avril Osorio y Humberto Celis, *La industria petrolera en el ámbito internacional y el medio ambiente*, p. 231; en: Jorge Muñoz Barret, *et. al.*, *Op. Cit.*

⁹¹ Cfr.: *Ibidem*, pp. 222-231.

nuestro planeta, sin embargo no hacen referencia a la biotecnología con aplicaciones industriales, u otras aplicaciones, este rubro ha sido regulado por el Derecho de la Propiedad Intelectual que a lo largo de sus jurisprudencias han creado un referente jurídico para la aplicación de la biotecnología⁹².

En este rubro es posible apreciar al actividad del Estado mexicano, si bien miembro de varios tratados que hacen referencia a la propiedad intelectual, en dos instrumentos, el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLCAN) y el Acuerdo de la Organización Mundial del Comercio sobre Aspectos de los Derechos de Propiedad Intelectual relacionados con el Comercio (ADPIC), además de la Ley de Propiedad Intelectual, sin embargo estos instrumentos son vagos en su terminologías, sobre todo en las cláusulas de excepciones, y al igual que las Naciones Unidas protegen la diversidad biológica y no tratan los aspectos relacionados al uso industrial de la biotecnología.

Todo lo anterior nos permite observar lo abrumador de la tarea pues cada uno de los ordenamientos, tanto a nivel internacional como nacional, obliga a nuestro país a estar a la orden del día en las cuestiones ambientales, no obstante el trabajo es aún más arduo, pues, es imposible adquirir sólo compromisos escritos; se hace necesario que el Gobierno aplique de manera eficiente y de manera planificada sus estrategias para mitigar y adaptarse a las nuevas condiciones climáticas y absorber los problemas que se han arrastrado de manera histórica, creando con ello nuevos problemas estructurales que deben de ser resueltos.

⁹² Basta recordar el caso del microbiólogo Ananda Chakrabarty quien solicitó la patente de un microorganismo modificado genéticamente para consumir los restos del petróleo en el mar, después de un largo litigio la Suprema Corte de Justicia estadounidense le otorgó la patente, logrando que en 1987 el Comisionado de Patentes de los Estados Unidos anunciara que los organismos modificados, o creado de forma no natural, eran sujetos de patentamiento, lo cual instó al Congreso estadounidense a incluir dentro del régimen de patentes a cualquier cosa existente bajo el sol y hecha por el hombre, dando así pie a que los productos de la biotecnología fueran patentados. *Cfr.:* Manuel Becerra Ramírez; “La protección de la biotecnología mediante la propiedad intelectual y sus tendencias”, *Revista de Relaciones Internacionales*, Coordinación de Relaciones Internacionales, México, UNAM-FCPyS, núm. 88, enero-abril, 2002, p. 12.

Hemos avanzado en nuestra legislación⁹³ y nos hemos comprometido con varios tratados, sin embargo, debemos hacer conciencia de que el problema ambiental, por la complejidad que representa, enfrenta consideraciones sociales de gran envergadura y que si no encontramos una solución a dichos problemas estos afectaran de forma inmediata al ambiente y de nuevo entramos en un ciclo de impactos que no se resuelven con la creación de instituciones o con la legislación propia de un Estado, es necesario dejar de pensar que este problema se resolverá con normas, estas abundan en todos los países sin que ello haya arreglado los problemas ambientales⁹⁴, éstos se resuelven con acciones acertadas y de largo plazo que deben de ser evaluadas y planeadas conforme a las necesidades propias de la población, que la involucre y al mismo tiempo permita su desarrollo.

Sólo cuando pensemos en lograr verdaderos cambios estaremos contribuyendo a la mejora de nuestra calidad de vida en todos sus aspectos sin que ello represente retroceder en la competitividad y rentabilidad internacional, al contrario tener en cuenta todas las consideraciones anteriores nos abrirán paso en el proceso de la globalización y en el cuidado ambiental. Porque ante todo los principios y ordenamientos adoptados internacionalmente, en la cuestión ambiental, deben de dejar atrás las orientaciones de oportunidades y satisfacciones sólo a un sector del sistema internacional, pues su fin último debe de ser convertirse en referentes que se integren a los factores de decisión y planeación para así asegurar la protección y mejora del ambiente.⁹⁵

Si a nivel internacional es reconocido que las responsabilidades son comunes, diferenciadas y bajo capacidades respectivas, el Estado mexicano debe de aplicar los mismos principios para así poder lograr un verdadero desarrollo sustentable

⁹³ Además de los preceptos constitucionales y las obligaciones contraídas a nivel internacional, México cuenta desde el 18 de marzo de 2005 con la Ley de Bioseguridad de Organismos Genéticamente Modificados (LBOGM) y desde el 1º de febrero de 2008 con la Ley de Promoción y Desarrollo de los Bioenergéticos.

⁹⁴ Cfr.: Jorge A. Quiroz, *Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina*, Chile, CINDE, 1995, p. 24.

⁹⁵ Cfr.: Ramiro Rodríguez Mireles; Luis Meneses Cadena, "Proceso de gestión ambiental para la construcción y operación de ductos terrestres", Ingeniería Petrolera, México, Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XL, núm. 1, enero, 2000, p. 25.

sin polarizar aun más la situación social del país, no debemos de quedarnos con una visión idealista del problema y de sus soluciones, es necesario que todos y cada unos de los niveles gubernamentales actúen de manera coordinada, eficiente y complementaria entre ellos y entre la sociedad; solo así podremos llegar a pensar que si es posible un desarrollo, no sólo sustentable también compatible con las necesidades y situaciones propias de nuestro Estado.

II. EFECTO BOOMERANG ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE. EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA.

NO NOS DEJAREMOS LLEVAR DEL ENTUSIASMO ANTE NUESTRAS VICTORIAS SOBRE LA NATURALEZA. DESPUÉS DE CADA UNA DE ESTAS VICTORIAS, LA NATURALEZA TOMA SU VENGANZA
-FEDERICO ENGELS-

2.1. EFECTO *BOOMERANG*: DEFINICIÓN Y APLICACIÓN AL CAMPO AMBIENTAL

Al haber aterrizado el sistema ideológico que respalda a la industrialización y las bases del *shift*⁹⁶ del ciclo de la naturaleza para la explicación de sus repercusiones actuales, es posible adentrarnos, con mayor profundidad, en lo que denominamos *efecto boomerang* entre el medio ambiente y la industria, el cual sintetizamos en el concepto de *efecto boomerang* industrial considerando que a diferencia del concepto de *efecto boomerang* ambiental –como veremos enseguida- este concepto hace referencia a un proceso que toma su inicio en el sistema productivo y así mismo termina en él.

En términos generales el *efecto boomerang* hace referencia al movimiento de un *boomerang* el cual al momento de ser lanzado regresa creando un patrón en forma triangular. (Revisar Anexo 1).

Han existido una serie de conceptos que se han teorizado a partir del uso de la noción del *efecto boomerang*, teniendo aplicación en diferentes ramas del estudio social y científico, como es el caso del *efecto boomerang político*, el *efecto boomerang en marketing*, entre otros. Sin embargo, en el caso del estudio del medio ambiente encontramos el término de *efecto boomerang ambiental*, no obstante no lo tomamos como parte de esta investigación ya que consideramos que su aplicación es errónea. El *efecto boomerang ambiental* se ha establecido

⁹⁶ término anglosajón que se refiere a un cambio repentino.

como un efecto en dos vías cuando en realidad se conforma por tres vías como podemos apreciar en la figura 2.1. No existe una definición como tal del *efecto boomerang ambiental* aplicado por otros autores, sin embargo, en un intento por teorizarlo lo consideran como los efectos negativos que se suscitan después de la aplicación de una solución enfocada a un problema ambiental en específico.⁹⁷

Es en este contexto que nos orientamos a conceptualizar lo que nosotros delimitamos como el *efecto boomerang industrial*, el cual definimos como el impacto cíclico que se presenta entre el medio ambiente y el sistema productivo capitalista, generando consecuencias tanto para el medio ambiente como para la industria; en otras palabras, es aquel fenómeno cíclico que tiene su punto de partida en la industria en el momento en que ésta emite contaminación que afecta al medio ambiente; y a su vez, éste efecto tiene como consecuencia el deterioro del medio ambiente que a la larga afecta el abastecimiento y funcionamiento de la industria. Estos efectos crecen de manera paralela y constante. (Revisar fase 3 de la figura 2.1).

Consideramos que este efecto se lleva a cabo en tres vías tomando en cuenta que el primer momento del ciclo es cuando la industria productora, sostenida sobre una base capitalista, comienza a generar desechos y contaminantes que afectan al medio ambiente. La segunda fase es cuando los contaminantes comienzan a actuar en el ambiente provocando su deterioro hasta el punto que se pierde el equilibrio en el proceso productivo, y el medio ambiente llega a un punto crítico en donde ya no es capaz de sostener el mismo ritmo de producción y contaminación, ni tiene la misma capacidad de recuperación; y es cuando toma lugar la tercera fase en donde se presenta el debilitamiento de aquellas empresas que sustentan su producción y ganancias sobre los recursos naturales, incluyendo el clima al que algunas industrias están sujetas para su funcionamiento adecuado.

⁹⁷ Véase: David G. Myers, *Social Psychology*, New York, McGraw-Hill, 2008, p. 45.

En la última fase, también es posible identificar como se produce un *ripple effect*⁹⁸, en donde los efectos negativos no se presentan únicamente en la industria, sino que es un proceso que se extiende hacia el ámbito económico internacional como se puede apreciar en la Figura 2.1.

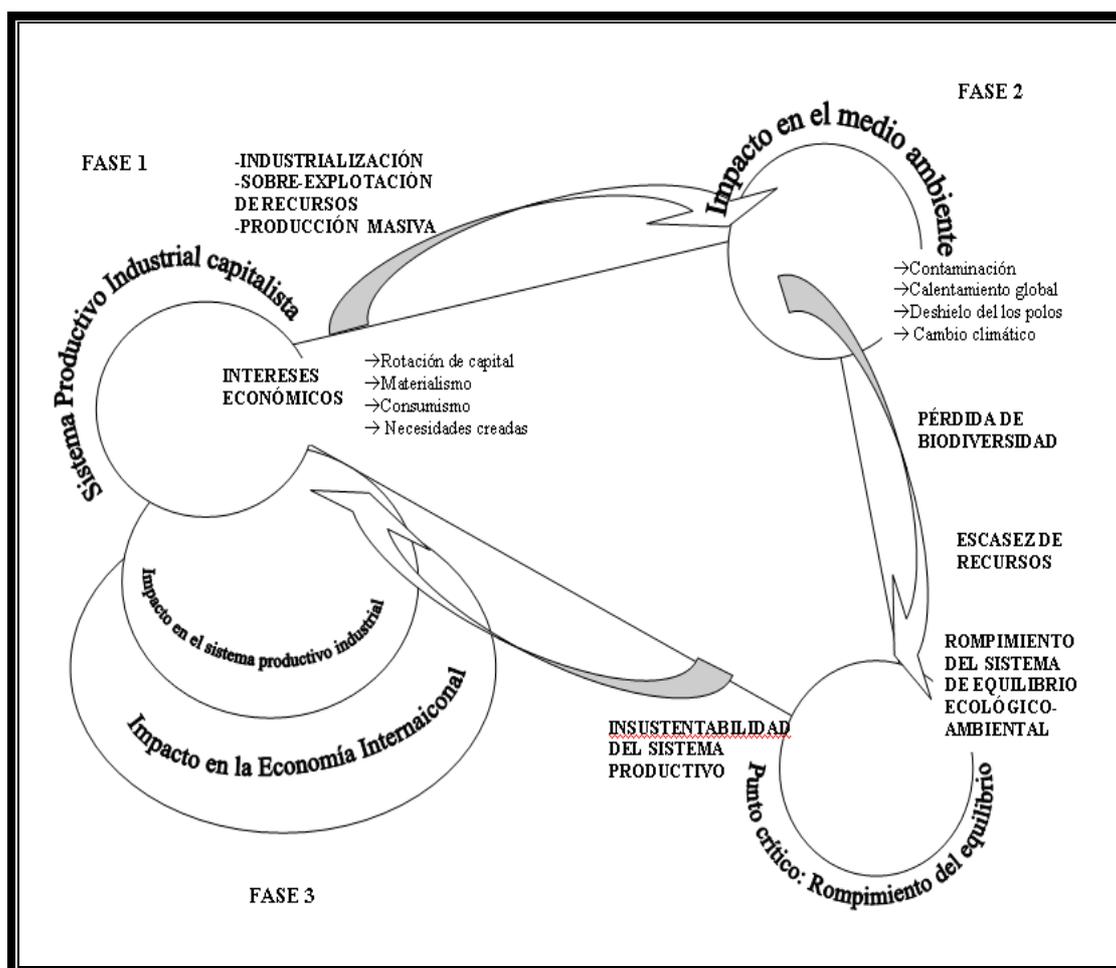


Figura 2.1. El Efecto Boomerang entre medio ambiente y el sistema productivo representado bajo el mismo patrón de movimiento de un boomerang. Elaborado por Gabriella Isabel Meoli y Hugo Javier Buenrostro.

Para comprender este efecto será necesario hacer una revisión específica desde un sentido práctico de dicho proceso, para ello hemos tomado a la industria

⁹⁸ Término utilizado para referirse a un efecto que se expande de adentro hacia fuera a otras áreas de manera creciente, que más allá de un efecto dominó es parecido a la ondas de expansión, debido a que no afecta a áreas en específico, sino a todo un sistema.

petrolera para especificar nuestro estudio, por lo cual será necesario partir de las generalidades de esta industria para posteriormente adentrarnos al proceso mencionado.

2.2. EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y SUS EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

El sistema productivo capitalista, que se caracteriza, en la actualidad, por la sobreproducción y sobre-explotación de recursos naturales en función a los intereses económicos, ha contribuido al impacto en el medio ambiente causando un rompimiento del sistema de equilibrio ecológico ambiental, que ha su vez, ha generado un escasez de los recursos. Dicha escasez de recursos provoca en diferentes escalas un efecto, tipo boomerang, en la economía internacional incitando que el sistema productivo capitalista se consuma a si mismo puesto que si no hay recursos, no habrá materia con la cual sostener la producción industrial.

Para comprender éste ciclo resulta provechoso rescatar a Joaquín Sempere y Jorge Riechmann quienes hablan del ciclo de vida o ecobalance. Respecto a ello mencionan lo siguiente:

Se han desarrollado procedimientos de análisis del ciclo de vida o ecobalances que estudian los impactos ambientales de la fabricación, uso y eliminación de los productos. Un ecobalance debe ser completo y estudiar el producto "desde la cuna a la tumba", desde la obtención de los recursos naturales hasta la eliminación final del objeto. En cada proceso parcial del ciclo de vida del objeto hay gasto energético, emisión de sustancias residuales que afectan al medio natural y, a veces, alteración de ecosistemas. Los residuos⁹⁹, pues, aparecen en

⁹⁹ Residuo industrial es todo aquel residuo sólido o líquido, o combinaciones de éstos, provenientes de los procesos industriales y que por sus características físicas, químicas o microbiológicas no pueden asimilarse a los residuos sólidos domésticos (DS N°745/92 del Ministerio de Salud que establece el reglamento sobre condiciones ambientales y sanitarias mínimas en los lugares de trabajo). Por su parte, el residuo sólido industrial es todo desecho sólido o semi-sólido resultado de cualquier proceso u operación industrial que no vaya a ser reutilizado, recuperado o reciclado en el mismo establecimiento industrial. Junto con los residuos sólidos, también existen los residuos industriales líquidos (RILES) y las emisiones industriales. Este tipo de residuos presentan distintas características según el tipo de industria o la naturaleza de sus constituyentes. en: Induambiental.

los poros de todos los procesos por los que atraviesa la vida del producto, desde la obtención de materias primas hasta el consumo final, pasando por su elaboración, conservación, transporte, envasado o embalaje y distribución. Aparecen en la obtención de energía y materiales, al extraer, desmenuzar, transportar, fundir y depurar los minerales para obtener metales, y al darles forma, fabricar y ensamblar las piezas, hacer el acabado, disponerlo para la entrega y venta y transportarlo. Pero ahí no termina todo. Prosigue el ciclo de vida del producto con su uso, que genera residuos (como los gases de combustión de los automóviles, de las cocinas o de los hornos industriales), y cuando el ciclo de vida concluye, el propio producto se convierte en residuo. La industria de transformación en cada fase de los procesos genera también desechos, que van desde las virutas metálicas o de madera hasta los restos de disolventes o productos de reacciones químicas usadas en los innumerables subprocesos productivos. Los motores y las máquinas emiten gases de combustión y restos de aceites lubricantes. La química industrial tiene un papel decisivo en la generación de residuos no naturales, de difícil o imposible neutralización biológica.¹⁰⁰

En este sentido es posible identificar, que en todo el proceso industrial se trabaja con materiales obtenidos -de una u otra forma- de los recursos naturales, y a su vez estos objetos producen desechos o residuos que contribuyen a la contaminación, en la mayoría de los casos. Sin embargo, es una fase innegable de la industria que no puede ser evitada, pero si amortiguada, como se verá más adelante.

Además de residuos materiales, debemos tomar en consideración que existen residuos en el sentido de que se despiden, por medio de gases, sustancias nocivas para el medio ambiente. Al respecto podemos rescatar los gases de efecto invernadero que son aquellos gases que retienen el efecto invernadero provocando que la energía solar sea captada y absorbida por dichos gases y

Residuos Industriales. Fichas de actualidad, [en línea], Dirección URL: www.induambiental.cl/1615/article-88428.html, [consultado: 27 de Mayo de 2008].

¹⁰⁰ Joaquín Sempere; Jorge Riechmann, *Op. Cit.*, p.143

mantenida dentro de la atmósfera¹⁰¹ incitando un aumento de la temperatura; es decir el calentamiento global.

Por lo tanto cabe destacar que las sociedades industriales en la actualidad se caracterizan por la rápida transformación y procesamiento de materiales dentro del proceso productivo, y aunque parte de estos materiales son rescatados a través del reciclaje es importante recalcar que según la segunda ley de la termodinámica “una parte de los materiales se dispersa de modo que son imposibles de ser recuperados”¹⁰².

En ésta misma línea, Joaquín Sempere y Jorge Riechmann destacan tres evoluciones que han agravado el problema de los residuos. Por un lado hablan de la complejidad creciente de los procesos industriales, en donde el uso de metales pesados y sustancias tóxicas y la introducción de productos químicos han diversificado las fuentes contaminantes. Por otro lado, mencionan la sustitución de materiales por nuevos productos de la industria petroquímica, destacando que la mayoría de los productos de dicha industria son sustitutos de otras ya existentes y utilizables. Como ejemplo da los siguientes: los textiles sintéticos sustituyen al algodón y la lana; los plásticos al papel, la madera y los metales; los detergentes al jabón; los fertilizantes nitrogenados sintéticos al estiércol y otros abonos orgánicos. Y por último destaca la tendencia a la concentración del capital en el ámbito de la distribución y el comercio, con su secuela de venta en grandes superficies, y a la absorción por la industria de muchas actividades que antes se hacían en casa, dando origen a una gran gama de productos y alimentos que requieren de un gasto energético adicional y de métodos de conservación y embalaje especial. El resultado de esta evolución del comercio ha sido la proliferación de envases de plástico, papel y cartón que ha tenido un papel importante en el aumento de la basura doméstica.¹⁰³

¹⁰¹ Veáse: Rebecca L. Jonson. *The greenhouse effect, life on a warmer planet*. Minnesota, Lerner Publications Company, pp. 20-25

¹⁰² *Cfr.* Joaquín Sempere y Jorge Riechmann, *Op. Cit.* p. 143

¹⁰³ *Cfr.* ídem p.144-145

2.2.1. FORMAS DE CONTAMINACIÓN

Según las cifras de Greenpeace, desde que comenzó el desarrollo de la industria química, “se calcula que se han producido y diseminado en el medio ambiente aproximadamente 100.000 nuevas sustancias químicas. Además, cada año ésta cifra se va incrementando en 1.000 nuevas sustancias”.¹⁰⁴ Muchas de estas sustancias resultan ser tóxicas tanto para el medio ambiente como para el ser humano, y en la mayoría de la ocasiones dichas sustancias peligrosas no son controlables y terminan en el mar o en los ríos provocando su contaminación, lo cual perjudica los recursos marítimos. Es este caso se da una contaminación del agua de manera directa, aunque también se da de manera indirecta como se verá enseguida.

Por otro lado, también se ha presentado la contaminación del suelo provocada por las industrias en el sentido de que ha jugado el papel de almacén de residuos, aunque en ocasiones estos residuos se filtran a través de las capas del suelo ampliando el espectro de la contaminación hacia los mares. En otras palabras el suelo que es contaminado por sustancias químicas o tóxicas al entrar en proceso de filtración del agua, arroja sus contaminantes al agua afectando –una vez más– los recursos marítimos. En este caso se da una contaminación de manera indirecta.

Además, los suelos tienen propiedades físicas y químicas muy diferentes, pero asimismo están sometidos a distintas variaciones en la humedad, el pH y las condiciones *redox*¹⁰⁵. El problema es que cuando un espacio se encuentra contaminado afecta a varios medios como el aire, las aguas superficiales –como ya mencionado–, las aguas subterráneas, el suelo y los receptores potenciales. Asimismo, es una contaminación dinámica porque al moverse los contaminantes

¹⁰⁴ Greenpeace, *Contaminación Industrial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/espana/contaminacion/contaminacion-de-r-os>, [consultada: 24 de Mayo de 2008].

¹⁰⁵ Redox son las reacciones de reducción-oxidación, es decir, las reacciones de transferencia de electrones que se produce entre un conjunto de especies químicas, uno oxidante y uno reductor.

en el terreno a través de las capas más permeables se facilita su dispersión y esto hace que aumente el área afectada¹⁰⁶.

Por último, en cuanto a la contaminación del aire, los estudios que se han realizado han tenido cierto grado de subjetividad. Sin embargo, se señala que las actividades humanas –comprendiendo dentro de estas a las actividades industriales- emiten 6.3 millones de toneladas de CO₂¹⁰⁷, el cual es uno de los gases que provoca la retención del calor emitido hacia la tierra y que no puede ser absorbido por los bosques ni por los océanos. Esta situación ha generado un aumento de la temperatura entre 3°C y 5°C.¹⁰⁸ Según la ONU, si continúan las emisiones de gases de efecto invernadero al ritmo actual o más acelerado podría causar más calentamiento e inducir a muchos cambios en el sistema climático mundial.¹⁰⁹

2.2.2. EL CASO ESPECÍFICO DE LA INDUSTRIA PETROLERA

2.2.2.1. GENERALIDADES DE LA INDUSTRIA PETROLERA

Encontramos necesario explicar la razón por la cual hacemos mayor énfasis en la industria petrolera que en las demás industrias. En primer lugar, tomamos en consideración que la industria que más contamina ha sido ésta, incluyendo dentro de ella a la industria petroquímica, y además ha sido una de las empresas que mayormente se ha visto afectadas en la actualidad por los efectos globales de la contaminación como veremos más adelante.

¹⁰⁶ Cristina Nerín de la Puerta, *Urbanismo e Ingeniería ambiental*. Catedrática de Universidad en el área de Química Analítica Centro Politécnico Superior de Ingenieros. España, Universidad de Zaragoza, [en línea], Dirección URL: <http://www.etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/1301.htm> [Consultado: 24 de Mayo 2008]

¹⁰⁷ Chauveau, L., *Riesgos ecológicos ¿una amenaza inevitable?*, México, Editorial Larousse, 2004. p. 34

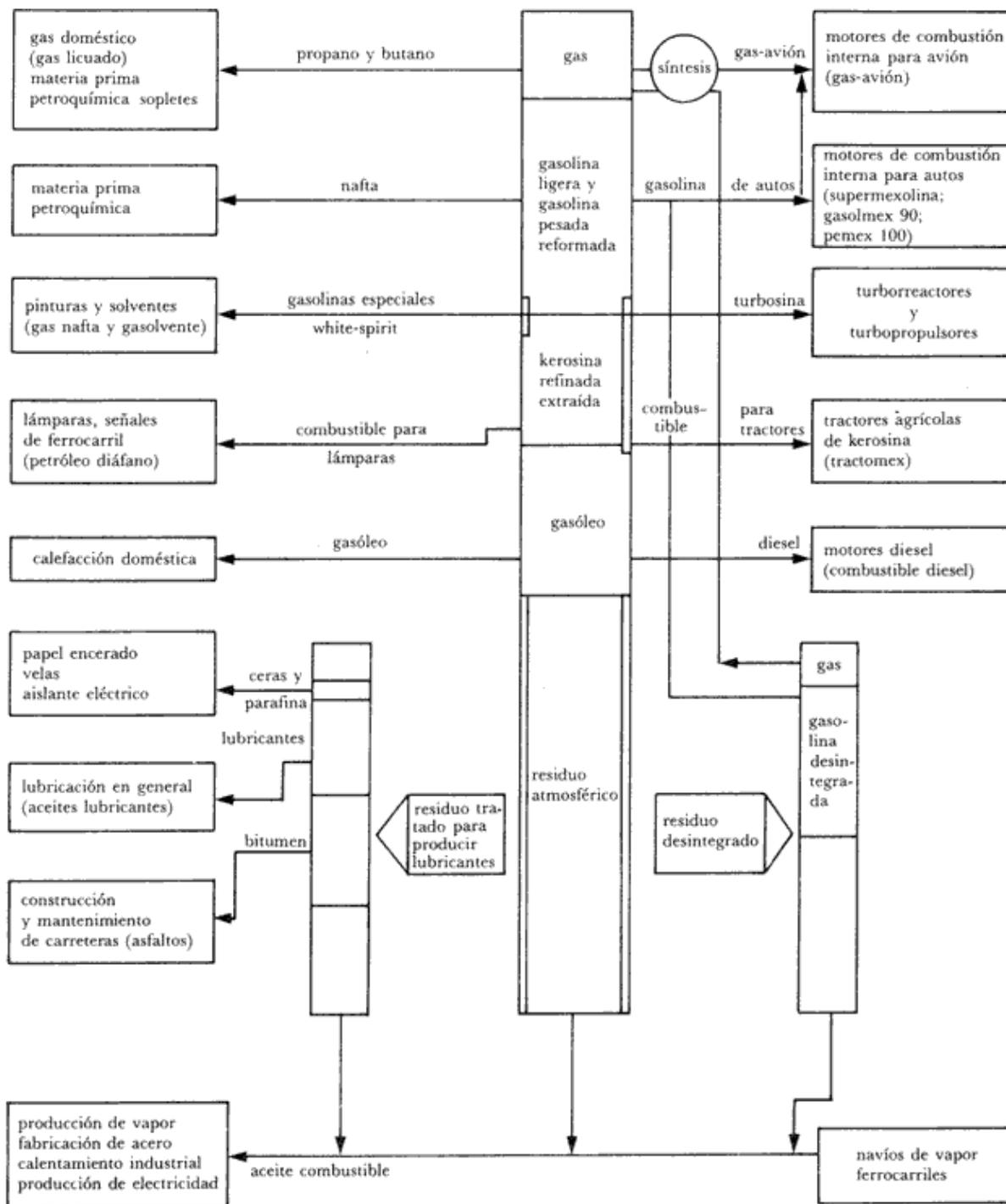
¹⁰⁸ Estas cifras varían. Sin embargo, la mayoría de los autores utilizan la cifra de 5°C. En: McCarty, J. P., *Ecological consequences of recent climate change*, Conservation Biology, Estados Unidos de América, núm. 15, 2001, p. 320-331.

¹⁰⁹ United Nations Framework Convention on Climate Change. [en línea], Dirección URL] www.unfccc.it, [consultado: 12 de septiembre 2008]

A lo largo de la historia, el ser humano ha utilizado diversos tipos de energía para realizar sus actividades productivas, elevar su nivel de vida y satisfacer sus necesidades de alimentos, salud y vestido; es así que hemos pasado de la utilización de la madera, del carbón hasta nuestros días donde el petróleo y sus derivados son los combustibles dominantes.

De él además de obtener combustibles, obtenemos una gran cantidad de materias primas, útiles para la producción de mercancías que el hombre usa en su vida cotidiana. De hecho, la mayoría de los productos que satisfacen nuestras necesidades provienen de hidrocarburos; los cuales no pueden ser utilizados en sus estados naturales, sino que requiere ser sometidos a procesos de transformación (como se puede observar en la siguiente tabla), de modo tal que desde su extracción inician un proceso de contaminación inminente.

Cuadro 2.2 Refinería Petrolera



Fuente: Susana Chow Pangtay, *Petroquímica Y Sociedad, México, FCE, 1987.*

La industria petrolera según la Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo del petróleo en su artículo 3, abarca ¹¹⁰:

I. La exploración, la explotación, la refinación, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano del petróleo y los productos que se obtengan de su refinación;

II. La exploración, la explotación, la elaboración y las ventas de primera mano del gas, así como el transporte y el almacenamiento indispensables y necesarios para interconectar su explotación y

III. La elaboración, el transporte, el almacenamiento, la distribución y las ventas de primera mano de aquellos derivados del petróleo y del gas que sean susceptibles de servir como materias primas industriales básicas y que constituyen petroquímicos básicos, que a continuación se enumeran:

1. Etano;

2. Propano;

3. Butanos;

4. Pentanos;

5. Hexano;

6. Heptano;

7. Materia Prima para negro de humo;

8. Naftas; y

9. Metano, cuando provenga de carburos de hidrógeno, obtenidos de yacimientos ubicados en el territorio nacional y se utilice como materia prima en procesos industriales petroquímicos.

Como se puede observar en el cuadro 2.3, la industria petrolera crea productos que al ser transformados por medio de procesos físico-químicos permiten la obtención de nuevos productos. De esta misma manera, cada uno de los nuevos

¹¹⁰ Ley Reglamentaria del Artículo 27 Constitucional en el ramo del petróleo, Artículo 3, publicado en: D.O.F, 29 de Noviembre de 1958.

productos obtenidos, pueden ser sometidos a diversos procesos que dan lugar a una nueva serie de bienes finales.

Cuadro 2.3 Derivados de la Industria Petrolera

Industria Petrolera	Productos Primarios	Productos Secundarios	Productos Petroquímicos Intermedios
Gas	Metano	Etilbenceno	amoníaco
Petróleo	Etano	Dicloroetano	polietileno de baja y alta densidad
	Propileno	Tetrámero	polipropileno
	Butano-butilenos		benceno
	Benceno		tolueno
	Tolueno		
	Oxileno		
	Xilenos		

Elaboración propia basada en: Leticia Armenta Fraire, La industria petroquímica en la economía nacional, en: José Luis Calva, Política Energética. Agenda para el desarrollo, vol. 8, México, UNAM, 2007. pp. 238-240.

De esta manera, surge la industria petroquímica de la cual obtiene productos químicos provenientes de los hidrocarburos, es decir el petróleo, y el gas natural. La industria petroquímica según la Ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia petroquímica es aquella que “comprende la elaboración de todos aquellos productos químicos que derivan de los hidrocarburos del petróleo y del gas natural mediante procesos químicos o físicos”¹¹¹. Sus productos pueden ser divididos en diversas ramas, como se observa en el cuadro 2.4 (También revisar anexo 2):

¹¹¹ Guillermo Etienne B.; Héctor Menchaca S., *El petróleo y la petroquímica*, México, Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, 1975, p. 78

Cuadro 2.4 Clasificación de los productos petroleros

Intermedios	Básicos	
	etano metano materia prima para negro de humo pentano	butanos naftas propano otros (incluye hexano y heptano)
	No Básicos	
	amoniaco benceno dicloroetano etileno óxido de etileno	metanol paraxileno propileno tolueno xileno
fertilizantes nitrogenados		
resinas sintéticas		
fibras químicas		
elastómeros		
negro de humo		
Especialidades:	adhesivos iniciadores y catalizadores aditivos para alimentos plaguicidas agentes tensoactivos plastificantes colorantes	propelentes explosivos refrigerantes farmoquímicos químicos aromáticos hulequímicos otras especialidades

Elaboración propia basada en: Secretaría de Energía. SENER. Información básica sobre energía. Refinación, Gas natural y petroquímica. [en línea], Dirección URL: <http://200.23.166.141/wb/SenerNva/ibReq3>, [consultado: 22 de Julio 2008]; y Secretaría de Energía, Subsecretaría de Hidrocarburos, D. G. de Desarrollo Industrial de Hidrocarburos, [en línea], Dirección URL: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=86>, [consultado: 22 julio de 2008]

Como es posible observar, la industria petroquímica se encuentra conformada principalmente por la industria petrolera y química, y en la actualidad la gran exigencia de productos de consumo provienen, o han tenido algún proceso dentro de dicha industria, debido a su capacidad de producir grandes cantidades de materias primas a un bajo costo; basta mencionar que el 93% de la producción de esta industria se dirige a la creación de combustible y el 7% restante a otras áreas¹¹². Es en este sentido que ha existido una gran cantidad de productos los cuales han sido sustituidos por los procesos petroquímicos provocando una mayor contaminación de la naturaleza. En este caso, podemos mencionar los siguientes: “el benceno, el metanol, el acetileno se pueden reducir a partir del carbón de hulla; el glicerol se obtiene de las grasas, el etanol por fermentación de la caña de

¹¹² Cfr.: Susana Chow Pangtay, *Petroquímica Y Sociedad*, México, FCE, 1987, p.17.

azúcar, el azufre de los depósitos minerales. Sin embargo, todos ellos también se producen a partir del petróleo y en grandes volúmenes”¹¹³.

Aunado a lo anterior la sociedad de consumo requiere mayores insumos petroquímicos ya que prácticamente sus productos son utilizados en todas las actividades del hombre como: la agricultura, habitación, alimentos, medicinas, vestido, etc.; así podemos observar que¹¹⁴ sus fibras sintéticas son utilizadas para la elaboración de una amplia gama de textiles. En el ámbito alimenticio se utilizan sus derivados para la elaboración de fertilizantes, insecticidas, complementos alimenticios, preservativos y en una amplísima gama de medicamentos, además de complementos plásticos para envases y embalajes¹¹⁵; todo lo cual nos permite entender su importancia en la vida diaria de las personas. (Revisar anexo 3)

Sin embargo, es necesario aclarar que el petróleo es considerado un recurso natural no renovable. De él “se obtienen determinados compuestos que son la base de diversas cadenas productivas que determinan una amplia gama de productos denominados petroquímicos, que se utilizan en las industrias de fertilizantes, plásticos, alimenticia, farmacéutica, química y textil, entre otras”¹¹⁶. Por lo tanto, su alta dependencia hacia él, la inestabilidad de su mercado y sus precios tan variables han llevado a la exploración de nuevas alternativas, “pues al ritmo actual de consumo de las reservas mundiales conocidas se agotarían en menos de 40.5 años”¹¹⁷.

Además el impacto ambiental que su extracción, transformación y uso causa, obliga a buscar una verdadera solución tanto para su manejo como para su sustitución, pues si “el petróleo es desde finales del siglo XIX la fuente de energía más importante del mundo, además de servir de base para un número casi infinito

¹¹³ Susana Chow Pantay, *Op. Cit.*, pp. 56-57.

¹¹⁴ *Cfr.*: Guillermo Etienne B. y Hector Menchaca S, *Op. Cit.*, p. 75.

¹¹⁵ *Cfr.*: Susana Chow Pantay, *Op. Cit.*, pp. 135-166.

¹¹⁶ Instituto Mexicano del Petróleo, [en línea], Dirección URL: <http://www.imp.mx/petroleo/petroquimica.htm>, [consultado: 22 de julio de 2008].

¹¹⁷ Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos, [en línea], Dirección URL: <http://elpetroleo.aop.es/indexelpetroleo.asp>, [consultado: 22 de julio de 2008].

de productos derivados, también puede tener, en consecuencia, un impacto medioambiental tanto en lo que respecta a la atmósfera (gases de efecto invernadero y otros) como a la generación de residuos sólidos (como los plásticos) o líquidos (como los aceites); la combustión de productos derivados de los combustibles fósiles, para la generación de energía y para usos más comunes (calefacción, automóvil, etc.) es una de las causas de contaminación atmosférica”¹¹⁸.

La contaminación generada por la industria petroquímica abarca toda la gama de tipos de contaminación sea directa o indirectamente, pues provoca contaminación industrial en su proceso y sus derivados contribuyen a diversos tipos de contaminación sea atmosférica, del suelo, del agua, urbana, etc.

2.2.2.2. CONTAMINACIÓN GENERADA POR LA INDUSTRIA PETROLERA

En el caso específico de la industria de energéticos, el impacto ambiental producido por ésta comprende los efectos de todas y cada una de las fases de su ciclo de producción como se puede observar en el cuadro 2.5.

Cuadro 2.5 Impactos ambientales de la industria petrolera*

Etapas	Fase	Agua	Afectación de recursos naturales			
			Aire	Suelo	Biota	
Exploración terrestre	Prospección física	Desmontes por construcción de rutas de acceso; remoción de cubierta vegetal o edáfica para instalar campamentos e instalaciones; actitudes depredatorias sobre recursos bióticos y abióticos por parte de quienes realizan las exploraciones	XX		XX	XX
	Perforación	Desmontes por construcción de instalaciones; perturbación de ecosistemas; desplazamientos de especies animales	XX		XX	XX
	Operación pozos exploratorio	Desmontes por construcción de instalaciones; perturbación de ecosistemas; desplazamientos de especies animales; riesgos de contaminación por accidentes y explosiones	XX		XX	XX
Exploración marina	Perforación de pozos exploratorio	Perturbación de ecosistemas y desplazamientos de especies animales; además existen mayores riesgos de alteración de los ecosistemas marinos por que en dicho medio hay mayores posibilidades de dispersión de contaminantes que en el medio terrestre; desechos	XX			XX

¹¹⁸ Idem.

*EL EFECTO BOOMERANG ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE
EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA*

		industriales y humanos				
	Operación de pozo exploratorio	Perturbación de ecosistemas y desplazamientos de especies animales; riesgos de contaminación por accidentes y explosiones; además hay más riesgos de alteración de los ecosistemas marinos por que hay mayores posibilidades de dispersión de contaminantes que en el medio terrestre; desechos industriales y humanos.	XX			XX
Extracción terrestre	Construcción de infraestructura, inst. y peff. de pozos ¹	Cambios de uso del suelo; construcción de vías de acceso que implica desmontes y modificación de la cubierta vegetal o edáfica; asimismo de manera indirecta las vías de acceso se convienen en vectores de colonización espontánea y de asentamientos irregulares; perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	X		XX	X
	Operación y mantenimiento ¹	Creación de nuevos asentamientos humanos; acumulación de residuos industriales y humanos; riesgos de fugas, derrames y explosiones de hidrocarburos; contaminación por lodos aceitosos y residuos de perforación; quemadores de gases; perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	XX	X	XX	XX
Extracción marina	Construcción de infraestructura, inst. y perf. de pozos ¹	Perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies; desechos industriales y humanos; contaminación ocasionada por el uso de maquinaria de perforación; residuos industriales y humanos.	XX			XX
	Operación y mantenimiento ¹	Contaminación del mar por emisiones líquidas (aguas negras, lodos de perforación, aceites y lubricantes gastados hidrocarburos); sólidas (basuras domésticas, industriales, chatarras); y gaseosas (gas natural, gases condensados, dióxido de azufre, compuestos de nitrógeno); perturbación de ecosistemas y desplazamiento de especies.	XXX	XX		XX
Refinación	Construcción de infraestructura e instalaciones	Utilización de grandes espacios para la construcción de tanques de almacenamiento, así como de plantas industriales de transformación, sistemas para la generación y distribución de fluidos, vapores y de enfriamiento de agua; cambios en el uso de suelo y surgimiento de asentamientos humanos; remoción de suelos; modificación del drenaje natural.	X		XX	XX
	Proceso productivo	Consumo indiscriminado de agua; contaminación por residuos industriales de alta toxicidad y no biodegradables; descargas de aguas contaminadas; emanaciones atmosféricas; contaminación térmica; riesgos de fugas, derrames y explosiones Consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones; incremento de la actividad económica regional	XX	XX	XX	XX
	Operación y mantenimiento	Consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones; incremento de la actividad económica regional o local; cambios de uso de suelo; polo de desarrollo que modifica la estructura productiva y poblacional regional	XX	XX	XX	XX
Petroquímica	Construcción de infraestructura e instalaciones	Cambios de uso de suelo; modificación de grandes espacios para la construcción de plantas industriales, tanques de almacenamiento, etc.; perturbación de ecosistemas; desplazamiento de especies animales; surgimiento de polos de atracción poblacional; modificación del relieve y el drenaje natural	X		XX	XX
	Proceso productivo	Consumo indiscriminado de agua; contaminación por residuos peligrosos; incorporación de desechos y residuos químicos al agua de descarga; evaporación del agua con residuos asociados; disposición de aguas servidas o negras ; descargas de aguas residuales; emisiones del procesos de combustión y emisiones de humos, polvos y gases o escapes del proceso de transformación petroquímico, evapotranspiración de sitios de almacenamiento;	XXX	XXX	XXX	XXX

*EL EFECTO BOOMERANG ENTRE EL SISTEMA PRODUCTIVO INDUSTRIAL Y EL MEDIO AMBIENTE
EL CASO DE LA INDUSTRIA PETROLERA*

		contaminación por energía calorífica.				
	Operación y mantenimiento	Cambio de uso de suelo; aumento de la actividad económica; consumo indiscriminado de agua; riesgos de fugas, derrames y explosiones; polo de desarrollo que modifica la estructura productiva y poblacional regional.	.XXX	.XXX	XXX	XXX
Transporte	Construcción de Infraestructura	Eliminación de cubierta vegetal; perturbación de ecosistemas; remoción de suelos; alteración del relieve y drenaje natural por la construcción de túneles, terracerías, obras de drenaje, pavimentación, puentes, pasos a desnivel, entronques y obras complementarias (ver capítulo de industria del transporte)	X		XX	XX
	Operación	Riesgos por derrames de residuos peligrosos; perturbación de ecosistemas; ruido; contaminación de las aguas marinas	XX ²		X ²	X ²
Distribución y almacenamiento	Construcción de la infraestructura y las redes de ductos	La construcción de ductos implica excavaciones, zanjeado, terraceo, relleno; cambios de uso del suelo con la construcción de agencias de almacenamiento; desmontes o limpia de terrenos; perturbación de ecosistemas; remoción de suelos, pavimentación y vías de acceso.	X		XX	XX
	Operación	Las redes de ductos de distribución están siempre sujetos a riesgos de accidentes de diversa índole que de producirse significan derrames, explosiones, incendios; desprendimientos de gases de los tanques de almacenamiento (evapotranspiración); vertimientos de residuos de hidrocarburos	X	XX	XX	XX
Comercialización y ventas	Construcción de infraestructura	Aunque dichos establecimientos manejan volúmenes "reducidos" de hidrocarburos y derivados el conjunto de todos estos establecimientos los convierten en importantes focos contaminantes.			XX	
	Operación	Aunque los establecimientos de comercialización y ventas al menudeo manejan volúmenes "reducidos" de hidrocarburos y derivados (gas de uso doméstico, petróleo diáfano, diesel, gasolinas, grasas, aceites, solventes, resinas), la generalidad de estos lugares no cuentan con dispositivos adecuados de control de emisiones, derrames o vertimientos al suelo, así como a los sistemas municipales de aguas negras; implican riesgos de fugas, derrames y explosiones; además de desprendimientos de gases por evapotranspiración.	XX	XX	XX	
Consumo	Combustión industrial y vehicular	Contaminación atmosférica por monóxido de carbono; bióxido de azufre; óxidos de nitrógeno; plomo y ruido.		XX	XX	XX

X - impacto bajo; XX = impacto medio; XXX = impacto grave,

* Incluye sólo los impactos más importantes.

1 En el caso de derrames el impacto ambiental sobre agua, suelo y biota es grave.

2 Impacto grave en el caso de derrames de residuos y materiales peligrosos.

En: Perfil Ambiental de Petróleos Mexicanos 1982-1988, Cultura Ecológica A.C, 1988; con datos de: Estudios de Impacto Ambiental del Entorno de la Agencia de Ventas en Ávalos, Chihuahua, Pemex, 1991; Estudios de Impacto Ambiental de la Infraestructura Portuaria de Salinas Cruz, Oaxaca, Pemex, 1993; Impacto Ambiental en el Entorno del Complejo Petroquímico Nuevo Pemex, Pemex, 198. Modificación realizada por: Instituto Nacional de Ecología, Industria petrolera [en línea], Dirección URL: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/16/parte3_13.html, [consultado: 15 de Julio de 2008].

De todas estas etapas, los procesos de refinación y de petroquímica son generalmente los que más llaman la atención en su impacto al entorno natural, debido a la magnitud y variedad de sustancias que maneja en sus procesos industriales. Sin embargo, según la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, las plantas refinadoras y los complejos petroquímicos se convierten además en importantes polos de desarrollo industrial que transforman intensamente las actividades económicas regionales y ponen en marcha complejos procesos socioeconómicos que modifican la relación hombre – ambiente. Asimismo el efecto que se desencadena sobre otras áreas económicas como el transporte, la industria automovilística y química, y la construcción, por mencionar algunas de las más relevantes, permite visualizar la importancia que esta industria tiene dentro de la estrategia nacional para el desarrollo¹¹⁹ y la razón por la cual se le ha dado tanto impulso. No obstante, no se trata de un desarrollo sustentable, debido a los grandes efectos que causa, y es por ello que aunque estemos concientes de que la industria del petróleo seguirá prevaleciendo como modelo de desarrollo por otros 30 años aproximadamente, esta deberá de adecuarse a los lineamientos del desarrollo sustentable.

2.2.2.2.1. EMISIONES EN LA ATMÓSFERA

Al estudiar el tema de emisiones atmosféricas causadas por la industria petrolera, cabe resaltar la clasificación que hace la SEMARNAT para determinar los tipos de emisiones: fuentes fijas, fuentes móviles, calidad de combustibles, medición de concentraciones. En el cuadro 2.6 podemos observar sus características y sus contaminantes.

¹¹⁹ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Instituto Nacional de Ecología (INE), *Industria petrolera*, [en línea], Dirección URL: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/16/parte3_13.html, [consultado: 25 de Julio de 2008].

Cuadro 2.6 Clasificación de fuentes de emisión

CLASIFICACIÓN	FUENTES ESPECÍFICAS DE EMISIÓN	CONTAMINANTES
<p>FUENTES FIJAS</p> <p><i>FUENTES PUNTUALES</i> Derivadas de la generación de energía eléctrica y de actividades industriales</p> <p><i>FUENTES DE ÁREA</i> Incluye la generación de aquellas emisiones inherentes a actividades y procesos</p> <p><i>FUENTES NATURALES</i></p>	<p>Química, textil, alimentaria, maderera, metalúrgica, metálica, manufacturera y procesadora de productos vegetales y animales, etc</p> <p>Consumo de solventes, limpieza de superficies y equipos, recubrimiento de superficies arquitectónicas, industriales, lavado en seco, artes gráficos, distribución y almacenamiento de gas LP, tratamiento de aguas residuales, plantas de composteo, rellenos sanitarios, entre otros</p> <p>Emisiones producidas por volcanes, océanos, plantas, suspensión de suelos, emisión por digestión anaerobia y aerobia de sistemas naturales, emisiones biogénicas</p>	<p>SO₂, NO_x, CO₂ e hidrocarburos</p> <p>Contaminantes que producen son variados</p> <p>Oxido de nitrógeno, hidrocarburos no metanogénicos, metano, dióxido y monóxido de carbono y compuestos nitrogenados y azufrados</p>
<p>FUENTES MÓVILES</p>	<p>Aviones, helicópteros, ferrocarriles, tranvías, tractocamiones, autobuses, camiones, automóviles, motocicletas, embarcaciones, equipo y maquinarias no fijas con motores de combustión similares</p>	<p>CO, compuestos orgánicos volátiles, SO₂, NO_x</p>
<p>CALIDAD DE COMBUSTIBLES</p>	<p>La norma NOM-086-SEMARNAT-SCFI-2005 que posteriormente sería reformada a la NOM-086-ECOL-1994 con el cambio de nomenclatura, regula la calidad de los combustibles</p>	

Elaboración propia basada en: Secretaría de energía; Prospectiva de petrolíferos 2006-2015. Dirección General de Planeación energética, México, 2006, pp.28-32.

En lo que respecta a la contaminación por aire, las refinerías petroleras emiten una serie de contaminantes a la atmósfera siendo las de mayor interés la del dióxido de azufre, partículas, hidrocarburos, olores, monóxido de carbono y óxido de nitrógeno.

De todos los contaminantes del aire, el dióxido de azufre es al que se ha concedido mayor atención mundialmente, y la responsabilidad de la refinería en este asunto es doble. Debe asegurarse de que se cumplen con los reglamentos de minimizar las emisiones de los procesos de refinería y las fuentes de combustión, y se han de preparar los combustibles y otros productos según las especificaciones fijadas por las autoridades. Por consiguiente, las especificaciones de muchos países europeos limitan el contenido de azufre de los gasóleos a valores tan bajos como el 0.3% en peso, y existe la creciente necesidad de reducir el contenido de azufre de los fuelóleos pesados, especialmente para su uso en zonas urbanas e industriales.

El calor y la energía necesarios en una refinería se generan por combustión de petróleo y gas. Los procesos requieren vapor de agua a elevada presión, materias primas calentadas y hay en uso una amplia variedad de tipos de calentadores y calderas. Cabe señalar que una refinería, que produzca anualmente 5000 000 tm de crudo de petróleo, necesita calentar unas 200 000 tm de crudo de petróleo por año o su equivalente en gas, o bien una mezcla de petróleo y gas. Dicho combustible representa, en este caso, casi el 4% de la carga total de crudo de petróleo, o un promedio del equivalente de unas 24 tm h⁻¹ de crudo pesado. Para una refinería compleja, se podría necesitar aun más. Es una costumbre generalizada quemar los productos menos valiosos para combustible de refinería. Varía la cantidad de gas disponible, y si en determinado momento excede a las ventas, se quema, debido a que resulta caro almacenarlo tomando en cuenta las disposiciones locales que regulan los índices de emisión e inmisión.

La regeneración de catalizadores constituye una considerable fuente potencial de partículas en el medio ambiente procedentes de las refinerías; es necesario tomar medidas para cerciorarse que se minimizan las emisiones. Los gases provenientes de calentadores y calderas también contienen partículas pero en mucho menor grado.

Dentro del perímetro de la refinería existen diversas fuentes de emisiones gaseosas, en las que predominan los hidrocarburos, aunque a menudo se les asocia con otros materiales, tales como compuestos que contienen oxígeno y azufre. Estos compuestos minoritarios son capaces de causar problemas localizados de olor.

La trayectoria del petróleo por refinería empieza y termina en las zonas de almacenamiento, donde se guardan petróleo crudo y sus productos. También se necesitan tanques para almacenar los productos intermedios, utilizados como unidades de proceso y para fines de mezclado de productos. Las pérdidas durante el llenado ocurren por desplazamiento del aire que contiene vapor de hidrocarburos. Durante la permanencia, los cambios de temperatura y presión afectan al volumen del líquido y del vapor dentro del tanque, y de nuevo puede desplazarse el aire que contiene hidrocarburos. Esto se conoce como pérdida por respiración. Por lo tanto, los factores que determinan las pérdidas son: la presión de vapor, los cambios de temperatura y presión, las velocidades de carga, el calor de los tanques (ya que este afecta a la cantidad de calor absorbida, y en consecuencia, a la temperatura del líquido) y la condición y tipo de tanque.

Para productos en la gama del gasóleo y por encima de él, las pérdidas de vapor achacables al llenado o a la respiración son pequeñas, debido a las bajas presiones de vapor. Existen tanques cuyos techos son flotantes lo cual permite que exista una menor evaporación, sin embargo estas se sigue presentando

Los productos salen de las refinerías a través de una tubería o en envases, que se transportan por carretera, ferrocarril o barco. Durante el llenado de los petroleros de productos, pueden perderse hidrocarburos a la atmósfera de la misma manera que en el almacenamiento, por desplazamiento del aire que contiene hidrocarburos, ocasionados por el líquido entrante.

El volumen de vapor desplazado depende mucho del método de carga o llenado; en la práctica se llenan los tanques a través de portezuelas superiores o de una conexión en el fondo. La carga superior puede dividirse, a su vez, en llenado con salpicaduras y llenado sumergido. En el primer caso, la salida del tubo de suministro está por encima del líquido durante toda la carga o la mayor parte de ella, pero, en el último, la salida del tubo está próxima al fondo del tanque. El llenado con salpicaduras crea considerable turbulencia, mayor evaporación y contacto entre el líquido y el aire.

En las refinerías se emplean cantidades considerables de agua para el proceso y el enfriamiento, aunque en la actualidad se ha conseguido reducir mucho este consumo utilizando refrigeración por aire¹²⁰ y actualmente algunas instalaciones petroleras han construido sus propios tanques para purificar y reutilizar el agua¹²¹.

Las corrientes de afluentes acuosos, junto con la descarga de agua de lluvia, contienen aceite o petróleo y se han de tratar antes de descargarlas en el mar, estuario o río. Debido a ello las refinerías cuentan con un complejo sistema de drenaje, que conduce las corrientes de agua a una zona de tratamiento, sin embargo, es posible que el gas y el vapor pasen a la atmósfera. Resulta muy difícil estimar las pérdidas de hidrocarburos de los separadores, aunque se han publicado algunas cifras que indican una contaminación que, aunque no tan importante como otras fuentes de emisión, requieren ser controladas. En algunas zonas sensibles a la emisión de hidrocarburos, se han ajustado cubiertas a la sección de separadores primarios, donde se separa la mayor parte de petróleo y aceite. Se han utilizado cubiertas fijas y flotantes; sin embargo, no es fácil cerrar bien las cubiertas fijas, lo cual conlleva el riesgo de explosión, así como el desprendimiento de vapor.

¹²⁰ Cfr.: Albert Parker, *Contaminación del aire por la industria*, España, Reverte, 1983 pp. 389-412.

¹²¹ Cfr.: Petróleos Mexicanos, *Informe anual 2002. Seguridad, salud y Medio ambiente*, México, PEMEX, 2002, pp. 30-35.

Con respecto a los catalizadores que son utilizados en los procesos químicos de transformación, es necesario resaltar que el craqueo catalítico¹²² y la regeneración del catalizador producen la mayor cantidad de hidrocarburos, principalmente en forma de metano y etano.

Por otro lado, las bombas, válvulas, compresores y bridas son equipos altamente utilizados en la industria del petróleo. Debido al uso y desgaste normal, en las bombas y compresores existen fugas de productos gaseosos o líquidos entre las partes móviles y la envoltura estacionaria, a pesar del generoso empleo de cierres mecánicos y de relleno. También pueden presentarse fugas en los tubos, las válvulas y las bridas achacables al calor, presión, vibración, etc.

Antes de volver a utilizar el agua para enfriamiento en la refinería, se ha de eliminar el calor absorbido durante el paso de los intercambiadores de calor. Esto se consigue haciendo circular el agua en cascada, a través de una serie de rejillas, en una torre de enfriamiento. Si el agua ha atravesado un intercambiador de calor en que hay fuga, entonces puede contener aceite disuelto o libre. En consecuencia, cabe que éste se libere a la atmósfera procedente de la torre de enfriamiento.¹²³ También resulta importante destacar que muchos de los contaminantes que se encuentran en el aire se incorporan al suelo y al mar causando su contaminación.

2.2.2.2. CONTAMINACIÓN DEL SUELO

En la actividad petrolera el suelo es afectado de manera directa en el lugar donde se ubica los emplazamientos de las plataformas petroleras, depósitos,

¹²² Tratamiento térmico puro: sólo utiliza el calor que, como agente de rotura de las moléculas, genera, en una primera etapa, moléculas más ligeras, saturadas y no saturadas. Estas últimas, son inestables y tienen tendencia a reagruparse, a polimerizarse, para formar grupos moleculares más o menos complejos. El resultado de estas reacciones es la formación de elementos más ligeros y más pesados que los constituyentes de la carga, y la recuperación de los elementos olefínicos que no han alcanzado a polimerizarse. Véase: Secretaría de Energía, *Procesos de Refinación*, Argentina, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, [en línea], Dirección URL: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/>, [consultado: 12 de Abril de 2009].

¹²³ Cfr.: Albert Parker, *Op. Cit.*, pp. 389-412.

campamentos de trabajadores; el riesgo de deslizamientos existe por las operaciones de corte y relleno para emparejar el terreno, el desbroce saca la cobertura vegetal dejando descubierto el suelo a la inclemencias del clima, provocando la erosión o enlodamiento del suelo.

El peligro de deslizamiento y hundimientos se ve influenciado por el tipo de suelo y del drenaje superficial, que aumenta el riesgo en áreas de pendientes. La carga excesiva ejercida por la plataforma de perforación puede ocasionar un hundimiento de la superficie del suelo si es que no se efectuó un adecuado trabajo de acondicionamiento del terreno.

Es importante tomar en cuenta las características de los suelos donde se encuentran los emplazamientos de los pozos, es decir, su susceptibilidad, permeabilidad, pH, alcalinidad, etc; para minimizar sus impactos y sobre todo mantener patrones de drenaje e infiltración, previniendo la saturación de los suelos y la pérdida de la capa superficial, alterando la estructura del mismo, no permitiendo la regeneración natural de la cobertura vegetal.

Otra de las causas de contaminación en los suelos que se pueden producir son por el mal manejo y derrame sobre el suelo de los combustibles y productos químicos usados para las labores de perforación; sus impactos depende del tipo y cantidad del derrame, que se puede penetrar en el suelo y subsuelo, afectando los horizontes, incluso los más profundos, dependiendo de la total de derrame se puede producir la saturación y la pérdidas de las condiciones físicas y biológicas del suelo.

En la construcción de los emplazamientos de cada pozo se usa grava y arena según sea el caso, estos materiales sedimentarios usados para la construcción provienen de los lechos de los ríos, de donde son extraídos, causando modificaciones o efectos indirectos sobre los cauces de los ríos, esto depende del material extraído o de las características físicas del lugar, las zonas más

vulnerables son: las riberas inclinadas de los ríos, las zonas de meandros; también es importante tomar en cuenta la época del año, si la extracción del material sedimentario (arena y grava) se efectúa en periodo de lluvias el impacto será mayor que si se realiza en el periodo seco.¹²⁴

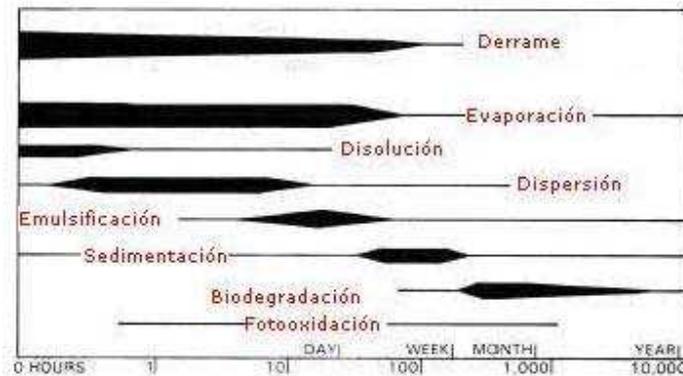
2.2.2.2.3. CONTAMINACIÓN DEL MAR

Una de las principales preocupaciones acerca de la industria petrolera es la contaminación del mar, es necesario recordar que la mayor parte de la producción y transportación del petróleo se realiza en instalaciones costeras y por vía marítima, por lo que “el derrame de hidrocarburos en el mar se verá afectado por un número de procesos de envejecimiento. Al incrementarse el área del vertido aumenta también la tasa de evaporación, pero la velocidad y extensión de la evaporación varían considerablemente dependiendo de la composición del hidrocarburo (revisar gráfico 2.7). Los de poca densidad, como la gasolina o el fuel-oil ligero, se evaporan con gran rapidez (entre una y dos terceras partes en unas pocas horas), mientras que los hidrocarburos pesados se disipan más lentamente. La evaporación se ve también afectada por la velocidad del viento y la temperatura; cuanto más altas sean ambas, más rápida será la evaporación, el petróleo evaporado es descompuesto por fotooxidación en la atmósfera”.¹²⁵

¹²⁴ Cfr.: Walter Díaz Cartagena, *Minería, Petróleo y Medio ambiente*, Lima, Esperanza, 1999, pp. 213-215.

¹²⁵ Centro tecnológico del mar, *Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cetmar.org>, [consultado:25 de Marzo de 2009].

Gráfico 2.7 Distribución temporal de los procesos de un derrame de crudo



Fuente: Centro tecnológico del mar, *Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cetmar.org>, [consultado:25 de Marzo de 2009].

Otro elemento importante del proceso de envejecimiento es la emulsificación del vertido, es decir, la incorporación de agua al hidrocarburo cambiando así las propiedades de mismo y la cantidad presente en la superficie de la mar. El contenido de agua de tales emulsiones puede alcanzar el 80%-90% de hidrocarburos. Estas emulsiones son llamadas "mousse" (crema de chocolate), emulsión gelatinosa de agua y aceite que se convierte en bolas de alquitrán densas, semisólidas, con aspecto asfáltico. Se ha calculado que en el centro del Atlántico hay unas 86.000 toneladas de este material, principalmente en el mar de los Sargazos¹²⁶ que tiene mucha capacidad de recoger este tipo de material porque se quedan enganchadas en las algas, muy abundantes en esa zona.

Por otro lado, las condiciones de viento y la viscosidad del hidrocarburo son los factores más importantes para la formación de emulsiones, que pueden llevar a que el volumen de la emulsión cinco días después del derrame sea el doble del volumen derramado.

¹²⁶ El mar de los Sargazos se encuentra en el océano Atlántico en su parte septentrional, tiene las mismas características de la Calmas Chicha, por la quietud del aire sobre el mar.

Los vertidos de hidrocarburos también son afectados por la biodegradación, proceso extremadamente lento pero que es importante a largo plazo. Sin embargo, no todos los componentes de un hidrocarburo son degradados por los microorganismos.¹²⁷

2.2.2.2.4. ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN POR LA INDUSTRIA PETROLERA

Según las proyecciones de organismos internacionales, la degradación ecológica inducida por el consumo de petróleo tenderá a agravarse en las próximas décadas. La Agencia Internacional de Energía (AIE) pronosticó en Noviembre de 2000, que la demanda mundial de petróleo aumentaría considerablemente desde los 76 millones de barriles diarios consumidos en 1999 hasta alcanzar 115 millones de barriles en 2020, con un ritmo de incremento anual de 2%.¹²⁸

Jonathan Weiner menciona que si se siguen quemando combustibles fósiles y se sigue generando una tala de los bosques, para el año 2040 se duplicarán los niveles de CO₂. Para ello es importante tomar en consideración que la actividad de tala de árboles en un gran porcentaje se lleva a cabo para el establecimiento de industrias y la construcción de infraestructura. Si éstas proyecciones son ciertas, entonces para el año 2040 ese incremento provocará el aumento de la temperatura promedio global en 2 grados centígrados, aunque esta cifra varía entre los analistas como ya se ha mencionado.¹²⁹

Es en este contexto donde la contaminación ha alcanzado niveles que requieren de una intervención constante del hombre para hacer frente a la destrucción del medio ambiente, considerando que –como ya se mencionó– el entorno ambiental no puede ajustarse de manera natural a dichos cambios. Por ello es importante

¹²⁷ Cfr.: Centro tecnológico del mar, *Op. Cit.*

¹²⁸ Cfr.: Eduardo Giordano, *Las guerras del petróleo, geopolítica economía y conflicto*, Barcelona, Icaria Antrazyt, 2002.p 26.

¹²⁹ Véase: Jonathan Weiner. *Op. Cit.*, p.136.

rescatar la idea de Fernando Césarman quien destaca lo que denomina “los riesgos del comercio libre” en donde refiere que las consecuencias ambientales del desarrollo y de la sobre población son mucho más rápidas que el momentáneo aumento de ingresos y la existencia de capital dedicado a la protección del medio.¹³⁰

Sin embargo, cabe resaltar que no todos los rubros del sector industrial petrolero deben de ser vistos de manera negativa considerando que existen algunos productos nuevos que no son sustituibles como ciertos medicamentos, las cintas de video y de casete o las válvulas cardiacas de plástico¹³¹. Esto último lo rescatamos considerando que no debe de ser nuestro objetivo acabar con la industria –o en un sentido estricto, con la industria petroquímica- ya que existen materiales insustituibles al momento. No obstante, nos resulta importante recalcar la necesidad de buscar alternativas dentro de la industria para el sector productivo, que es nocivo para el medio ambiente y que tiene la posibilidad de ser producido con la utilización de materiales y procesos bioamigables.

Al tener conocimiento de los efectos de la industria en el medio ambiente, nos es posible analizar el efecto inverso, es decir, el impacto del medio ambiente deteriorado en la industria y en la economía *per se*, con el fin de justificar la necesidad de implantar una solución que favorezca tanto a los intereses de los actores económicos, así como para la protección del medio ambiente.

2.3 CERRAR EL CICLO DEL BOOMERANG IMPACTO DEL CALENTAMIENTO GLOBAL EN LA INDUSTRIA PETROLERA

Respecto a las consecuencias del deterioro ambiental se pueden rescatar las ilustres palabras de Federico Engels: "sin embargo no nos dejaremos llevar del entusiasmo ante nuestras victorias sobre la naturaleza. Después de cada una de

¹³⁰ Fernando Césarman. *El ecocidio permitido*, México, Gernika, Procuraduría Federal del Consumidor, 1996, p 68

¹³¹ Cfr. ídem p. 144

estas victorias, la naturaleza toma su venganza"¹³², ello hace referencia al impacto que tiene el deterioro ambiental sobre las actividades humanas.

Los efectos negativos causados por el deterioro ambiental, es decir, cuando nos encontramos en la última fase del *efecto boomerang*, cuando regresa, se pueden ubicar en diversos procesos. Estos procesos equivalen a un recorrido cíclico, abarcando diversas fases que llegan a impactar diferentes sectores del ecosistema como vimos anteriormente, hasta el impacto en la propia industria.

En primera instancia, los efectos del medio ambiente deteriorado representan un perjuicio, ya que la población comienza a generar nuevas necesidades, ya sea para protegerse contra el cambio climático comprando ropa, calefacción, aire acondicionado, etc. así como para hacer frente a nuevas enfermedades. En este contexto se distingue que el cambio climático ha regenerado la focalización de las necesidades y el consumo de la población considerando que sus ingresos comienzan a destinarse hacia la compra de productos, como medicinas u otros materiales como los ya mencionados, que les permitan hacer frente a las nuevas condiciones de su entorno.

El tema de las enfermedades también desemboca del deshielo de los polos considerando que los científicos han comprobado que dentro de las profundidades de los hielos de los polos se encuentran enfermedades que poco a poco se han escapado introduciéndose a nuestro mundo de manera activa.¹³³

Es de esta manera que algunas industrias se ven afectadas y requieren ser reubicadas o redefinidas considerando que las necesidades del consumidor se modifican. Para ello es posible revisar el caso del retiro de empresas multinacionales en diversas regiones de honduras después de la catástrofe creada

¹³² Citado por: F. Niéstorj M., *El Origen del Hombre*, Moscú, Editorial MIR, 1984. p.312.

¹³³ Cfr.: Consumer Eroski, *El deshielo de los polos podría devolver a la vida microorganismos extinguidos hace millones de años*, 9 de Agosto 2007, [en línea], Dirección URL: www.consumer.es, [consultado: 27 de Mayo de 2008].

con el desplazamiento del huracán Mitch en 1998¹³⁴. Así como el desastre causado por Iván a las Islas Caimán en donde hubo fuertes daños a los edificios y extensas inundaciones, junto con pérdida de energía eléctrica y de los sistemas de telecomunicaciones que llevaron al cierre de cientos de bancos en este territorio y grandes pérdidas en infraestructura.¹³⁵ Estos, siendo sólo algunos ejemplos, nos permiten distinguir que los desastres producidos por el calentamiento global afectan a todos los actores de la economía global.

2.3.1. HURACANES E INUNDACIONES

En el caso específico de la industria petrolera se han suscitado una serie de acontecimientos, provocados por el cambio climático, que han afectado su infraestructura, instalaciones y producción. Uno de los principales eventos han sido los huracanes, ciclones y tormentas.

Según la revista británica Science, los huracanes tropicales han aumentado dramáticamente en los últimos 30 años, lo que ha venido acompañado por un incremento de la temperatura de la superficie del mar¹³⁶ como es posible apreciar en el siguiente cuadro. Los científicos añaden que la actividad de los huracanes ha aumentado de manera particular en los últimos 10 años, debido al calentamiento del agua en el Golfo de México. Para que un huracán se forme se necesitan al menos 26 grados centígrados de temperatura superficial¹³⁷ y entre más elevada es la temperatura, mayor es la intensidad del huracán. Al momento la temperatura del mar en el Golfo de México alcanza los 30°C, lo que significa que está un grado

¹³⁴ Cfr.: Gabriela Roa Romero, *Reducción de empleo en industria del banano*, Nicaragua, La Prensa Edición núm. 22350, Jueves 26 de Abril de 2001, [en línea], Dirección URL: www.laprensa.com.ni, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

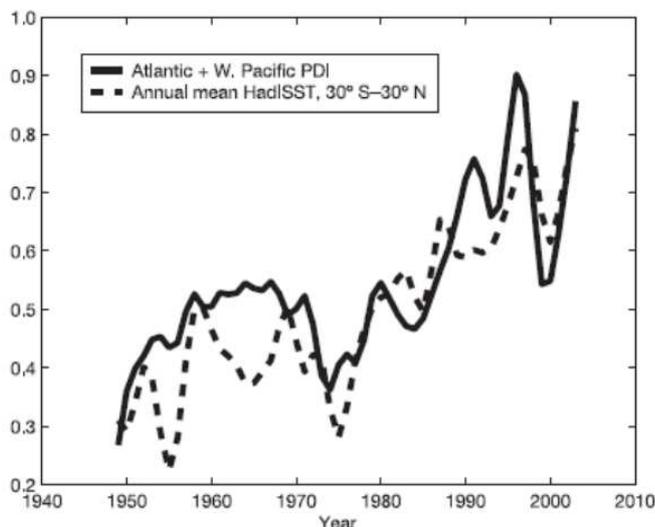
¹³⁵ Cfr.: Canute James, Kingston. "Economía Devastada", La Jornada, México, 18 de octubre de 2004, [en línea], Dirección URL: www.lajornada.unam.mx, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

¹³⁶ Cfr.: Donald Kennedy, "Acts of God", *Science, Reino Unido*, vol. 311. no. 5759, Enero de 2006, p. 303.

¹³⁷ Cfr.: Neofronteras, "Las aguas superficiales calientes crearon el Katrina", Noticia de ciencia y Tecnología, 8 de Octubre 2005, [en línea], Dirección URL: www.neofronteras.com, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

más caliente que lo registrado en otros años¹³⁸. Con estos datos ha sido posible corroborar que el aumento de huracanes ha sido provocado por el calentamiento global (como se puede observar en la gráfica 2.8) y que una de las industrias más perjudicadas ha sido la petrolera.

Gráfica 2.8 Temperatura de la superficie oceánica y el incremento de la fuerza de los huracanes



La línea sólida muestra el potencial destructivo de los huracanes del Atlántico Norte y los del Pacífico Norte; la línea de puntos muestra la temperatura media de la superficie del mar en las dos regiones de huracanes.

Fuente: Kerry Emanuel, *Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years*, *Nature*, Reino Unido, Vol. 436, Num 4, Agosto 2005.

En 2005, se había registrado 17 tormentas tropicales en la región del Golfo, lo que constituye un récord pues hasta ahora el mayor número de huracanes se había registrado en 1995 cuando la región fue abatida por 15 tormentas tropicales¹³⁹.

A partir de los efectos provocados por los huracanes, el 30% de la capacidad de refinación de la región estadounidense del Golfo de México ha sido paralizada ya sea por los daños causados por Katrina o anticipándose a los posibles impactos como fu el caso de Rita.

¹³⁸ Cfr.: Elizabeth Bravo, "Rita Katrina y la industria petrolera", *Biodiversidad en América Latina*. Oilwatch, 27 septiembre de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidadla.org>, [consultado: 27 de Marzo de 2009].

¹³⁹ Cfr.: Idem.

A partir del huracán Katrina, la industria petrolera en Estados Unidos - principalmente- ha tomado medidas para hacer frente a cualquier otro contratiempo provocado por desastres naturales que consiste en el cierre de todas sus unidades petroleras en caso de alerta de huracán, tormenta, ciclón, etc.; causando grandes pérdidas al año considerando que la producción debe de ser detenida hasta que dichos contratiempos finalicen. Tal es el caso del huracán Dennis que había causado importantes pérdidas en países del Caribe y los estados de Florida, Mississippi y Alabama en Estados Unidos. No obstante, no afectó a las instalaciones petroleras del Golfo de México tanto como se había temido a diferencia del huracán Eduardo que provocó el cierre de varias refinerías en Estados Unidos.¹⁴⁰

Una gran cantidad de empresas habían evacuado las refinerías situadas en estados costeros de esa región, a la que llega más de la mitad del petróleo que importa Estados Unidos, ante la llegada del huracán. Más del 96% de la producción de crudo de Estados Unidos en la costa del golfo y más del 62 por ciento de la producción de gas natural fue interrumpida, que se estima en una pérdida de 1.44 millones de barriles diarios de petróleo y 6.240 millones de pies cúbicos de gas.¹⁴¹

A ello se debe agregar que desde los puertos de Houston, Port Arthur y Galveston se importa más del 10% del petróleo que se consume en Estados Unidos cada día¹⁴², por lo que una vez que se ve afectada la industria petrolera, de igual forma se crea un impacto en la economía nacional e internacional, que llega a influir de manera decisiva a los precios del crudo y sus subproductos.

¹⁴⁰ Cfr.: CNN Expansión, "Tormenta Eduardo cierra refinerías en EU", 4 de Agosto 2008, [en línea], Dirección URL: www.cnnexpansion.com, [consultado: 10 de Septiembre de 2008].

¹⁴¹ Cfr.: El Universal, "Producción petrolera en Golfo de EEUU se recupera tras Dennis", Caracas, lunes 11 de julio de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://politica.eluniversal.com>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

¹⁴² Cfr.: Elizabeth Bravo, *Op. Cit.*

Compañías petroquímicas como Dow Chemical, ExxonMobil y Dupont, que utilizan gas natural como una de sus materias primas, tuvieron que cerrar sus plantas de producción de químicos debido a Rita. En esta región se concentran la mayoría de plantas químicas de ese país. De igual manera, muchas fábricas que elaboran componentes de plástico (elaborado de petróleo), han sido también amenazadas por Rita. Ahí se hace el 64% del plástico polipropileno y el 57% de estireno del país. Cerca de 80 plataformas (rigs) petroleras están en el camino directo por el que pasó Rita. Cerca de 60 plataformas estaban en la paso directo de Katrina, de las cuales 8 fueron severamente dañadas o destruidas y otras 10 sufrieron daños de distinta magnitud¹⁴³. Estos datos evidencian como la industria petrolera, y las que dependen de ella, son las más afectadas por el paso de los huracanes por la región (revisar Anexo 4) considerando también que dichas industrias se ubican en las costas que son los puntos de focalización principal de los huracanes.

En Estados Unidos se identifica que la preocupación se ha enfocado, según Wall Street, a que el aumento de la temperatura ha generado un incremento en la cantidad de huracanes como el Andrew, lo cual podría causar daños por 150.000 millones de dólares si hoy golpeará a Miami¹⁴⁴. Enseguida se presenta un listado de algunos de los huracanes más recientes que afectaron a la industria petrolera:

Cuadro 2.9 Daños causados por huracanes en la Industria Petrolera				
HURACÁN	UNIDADES AFECTADAS	VIENTO Y OLEAJE	DESCRIPCIÓN	DAÑOS Y PÉRDIDAS
Huracán Rita  2005	GSF Adriatic VII Jack-up; Chevron Typhoon Platform; GSF High Island III Jack-up; Platform EI 294 A.	Vientos de 155 mph y 60 pies de oleaje	Huracán Rita. Más poderoso que Katrina, Rita fue uno de los huracanes más intensos que han existido, alcanzando Categoría 5 habiendo devastado	66 plataformas destruidas, 32 plataformas con daños extensivos * 13 MODUs rompieron su anclaje y quedaron a la deriva * 1 plataforma autoelevable (jackup platform) se hundió, con 7 jack-up y 2 plataformas semi- sumergibles (semi-subs) experimentando grandes daños. (Estadísticas de Servicio de Gestión de Minerales)

¹⁴³ Cfr.: Idem.

¹⁴⁴ Cfr.: Revista Electrónica Barrameda Sofá Corporation, "El calentamiento global preocupa a Wall Street", Argentina, 15 de Diciembre de 2006, [en línea], Dirección URL: www.barrameda.com, [consultado: 27 de Mayo de 2008].

 Huracán Katrina 2005	Ocean Warwick Jack-up; PSS Chemul Semi-Sub; Shell Mars Tension Leg Platform	Vientos de 175 mph; 30 pies de oleaje	Louisiana. El Huracán Katrina fue uno de los huracanes más costosos y los más mortales en el Golfo de México, causando gran destrucción, tanto en alta mar y en tierra.	*47 plataformas destruidas y 20 plataformas con grandes daños. *6 rigs fueron rotas y quedaron a la deriva 3 plataform rigs destruidas y 1 jack-up fue volcado (Rowan Nueva Orleans), con 2 jackups, 5 semi-subs y 2 platform rigs sufrieron grandes daños. (Estadísticas de Servicio de Gestión de Minerales)
 Huracán Dennis 2005	BP Thunderhorse	Vientos de 131-155 mph; 8 pies de oleaje	El segundo huracán de 2005, Dennis causó grandes daños en Cuba y los Estados Unidos	*1 plataforma fue dañada a causa de agua infiltrada. / Suspensión de inicio de actividades
 Huracán Iván 2004	Ensco 64; Medusa Spar;	Vientos de 120 mph. 10 - 15 pies por encima de la marea media	Iván fue el huracán más fuerte de la temporada de 2004, alcanzó la categoría 5 y devastó toda Granada y Jamaica.	*Se destruyeron siete plataformas y seis con graves daños; * Cinco torres de perforación con grandes daños, incluida la Ensco 64. *El huracán Iván provocó deslizamientos de fango que sepultaron decenas de oleoductos submarinos, averías que son muy difíciles de reparar
 Huracán Lili 2002	Rowan Houston; Nabors Dolphin 105; BP Eugene Island 322 Platform A;	Alcanzó vientos de 145 mph; 12 pies de oleaje	A finales de la temporada de huracanes, Lili llegó a un máximo de la categoría 4, pero rápidamente fue debilitado después de pasar sobre el Golfo de México	* 6 plataformas destruidas y 31 dañadas gravemente. * 4 MODUS se rompieron de sus amarres y se fueron a la deriva, entre ellos el Océano Lexington. * 2 jack-up volcados.

Plataforma semi-sumergible: Una unidad flotante de perforación mar adentro que tiene pontones y columnas que tienen la capacidad de sumergirse en el agua a una determinada profundidad.

Platform rig (sin trad.): Una estructura inmóvil mar afuera a partir de la cual se perforan pozos de desarrollo y producción.

Jack-up (sin trad.): una estructura móvil de perforación mar adentro con soporte de fondo y piernas abiertas-confección o columnares que sirven de apoyo para la cubierta y el casco.

Jack-up platform (Plataforma autoelevable): Son plataformas que pueden ser levantadas sobre el nivel del mar utilizando piernas que pueden ser bajadas como los gatos. Estas plataformas se utilizan normalmente en la profundidad del agua hasta 400 pies (120 m), aunque algunos modelos pueden ir a 550 pies (170 m) de profundidad. Están diseñados para pasar de un lugar a otro y, a continuación, de anclarse mediante el despliegue de las piernas al fondo del océano mediante el uso de un sistema de engranaje y piñón en cada pierna

MODU: Por sus siglas en inglés (mobile offshore drilling unit): Unidad de perforación móvil mar adentro. Es una plataforma de perforación que se utiliza exclusivamente para la perforación de pozos de desarrollo y exploración y que flota sobre la superficie del agua cuando se mueven de un sitio de perforación a otro.

Elaboración propia basada en: Versatel, *Oil Rig Disasters*, Traducción Libre, [en línea], Dirección URL: (http://home.versatel.nl/the_sims/rig/h-rita.htm, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

De igual manera han existido otros huracanes que no han sido punto de concentración de los medios debido a que han golpeado en regiones de países subdesarrollados y en vías de desarrollo como es el caso de varios países del Caribe que fueron seriamente afectados, incluyendo por ejemplo la isla de Grenada que perdió la mayor parte de su infraestructura con el paso del huracán Emily. Por otro lado, las vulnerables plataformas petroleras y refinerías a lo largo del Golfo de México fueron azotadas por dos fuertes huracanes en 2005 y seis plantas quedaron completamente paralizadas durante un largo periodo¹⁴⁵.

También cabe recordar que el 23 de octubre de 2007, los efectos del frente frío número 4 que afectó al Golfo de México con rachas de viento de hasta 130 kilómetros por hora y olas de seis a ocho metros, provocaron un accidente en la plataforma Usumacinta, en la Sonda de Campeche. Asimismo, el mal clima ha obligado a suspender la producción petrolera en el Golfo de México, así como también la exportación de crudo a través de las principales instalaciones portuarias en ambos litorales del país provocando grandes pérdidas a las empresas petroleras y a las industrias que requieren de su producción¹⁴⁶.

Se atribuyó la colisión entre la plataforma *Usumacinta* y el choque del árbol de válvulas del pozo a condiciones climatológicas “excepcionalmente malas” que imperaban en la zona, y el titular de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Juan Rafael Elvira Quesada, culpó del accidente al cambio climático debido a que las olas de 12 metros que azotaron la plataforma superaron los estándares y sistemas de seguridad de PEMEX.¹⁴⁷

¹⁴⁵ Cfr.: Petróleo YV, “Petróleo sube por formación de nueva tormenta en Golfo de México”, 17 Octubre de 2005, [en línea], Dirección URL: www.petroleoyv.com, [consultado: 27 de Marzo de 2009].

¹⁴⁶ Cfr.: Roberto Jiménez, “El cambio climático hace olas en Pemex”, Excelsior, México, 8 de Abril de 2008, [en línea], Dirección URL: www.exonline.com.mx, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

¹⁴⁷ La jornada, “Pemex: accidente y dudas” La Jornada, Año 24, Número 8328, opinión, México, Viernes 26 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.jornada.unam.mx, [consultado 27 de Marzo de 2009].

Dicha colisión provocó grandes pérdidas para la empresa debido a que originó un derrame de petróleo crudo y gas natural asociado que continuó durante varios días.¹⁴⁸ Las malas condiciones climáticas en el Golfo de México obligaron a la empresa a recortar hasta en 1,1 millones de barriles diarios la producción de crudo¹⁴⁹. La presencia de gas inflamable que sale del pozo y una chispa generada durante los trabajos que se realizan para el control de la fuga de crudo y gas (fuga de 422 barriles diarios de crudo durante más de un mes), ocasionaron varios incendios dentro de las instalaciones petroleras.¹⁵⁰

Según las proyecciones de la Secretaría (ministerio) de Energía, en la zona de Cantarell, situada en el Golfo de México se espera un paulatino declive de la producción de crudo, que se agudizará a partir de 2011 y amenaza con afectar a PEMEX debido a varios incidentes que han azotado a la industria petrolera.



La plataforma semisumergible Chemul (un viejo equipo, fuera de clase) se encontraba en dique cuando fue arrancado de los astilleros y llevado casi dos kilómetros río arriba.

Este equipo ya estaba en precarias condiciones, tenía problemas con los trosters, y el sistema de anclas y tenía tiempo de no ser operado por PEMEX.

Fuente: Rigzone, [en línea], Dirección URL: www.rigzone.com, [consultado: 26 de Marzo de 2009].

¹⁴⁸ Cfr.: Cecilia Higuera, "Mueren 18 petroleros en alta mar; 7 desaparecidos", La Crónica, Nacional, México, Jueves 25 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.cronica.com.mx, [consultado: 29 de Marzo de 2009].

¹⁴⁹ La voz noticias, "Pemex recupera producción, anuncia investigación accidente", 31 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.azcentral.com, (consultado: 26 de Marzo de 2009).

¹⁵⁰ Cfr.: Noé Cruz Serrano, "Se complica la reparación de fuga en el pozo Kab-121", El Universal, México, Miércoles 21 de noviembre de 2007, [en línea], Dirección URL: <http://estadis.eluniversal.com.mx>, [consultado: 26 de Marzo 2009].

Además de las incidencias ya mencionadas, los sucesos climatológicas más graves de 2007 fueron en agosto del huracán "Dean" por la Sonda Campeche, en el golfo, que obligó a cerrar puertos durante varios días, y los frentes fríos que el pasado octubre se dieron en esa misma área y forzaron el cierre de operaciones durante algunos días. Ambos fenómenos ocasionaron una disminución anual en la producción de crudo estimada de 40.318 barriles diarios. La caída anual de producción representó en términos totales una disminución de 174.000 barriles de crudo diarios.¹⁵¹

De manera paralela han existido perdidas por inundaciones. A principios de octubre de 1999, las aguas de la Presa Peñitas (ubicada en el estado de Chiapas, en la parte más alta del sistema hidrológico de Tabasco), habían sobrepasado el nivel máximo ordinario de la misma, obligando al desalojo de gastos de hasta 2,323 metros cúbicos por segundo. Debido a lo anterior, y al hecho de que los ríos habían alcanzado niveles extraordinarios, el proceso natural de desalojo hacia el mar se dificultó generando inundaciones en áreas urbanas, suburbanas y de uso agropecuario. El estancamiento de las aguas por tan prolongado tiempo ocasionó pérdidas importantes en la infraestructura económica y social, así como en los sectores productivos del estado, al haberse detenido o entorpecido sus actividades. En términos de la producción petrolera del estado, el desastre fue equivalente a perder los recursos de 303 días de extracción, que equivale a una pérdida de producción cercana a los 550 mil barriles diarios¹⁵²

Al retomar lo anterior, una de las principales causas por la cual las instalaciones petroleras se han visto perjudicadas en la actualidad es debido a que la infraestructura no ha sido renovada en varios países, incluyendo dentro de éstos,

¹⁵¹ Cfr.: EFE, "La producción de crudo en México cae en un 5,3% en 2007", 21 de Enero de 2008, [en línea], Dirección URL: <http://www.soitu.es>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

¹⁵² Cfr.: Daniel Bitrán Bitrán, "Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período de 1980-99", Coordinación de Investigación, CENAPRED, [en línea], Dirección URL: www.proteccioncivil.gob.mx, [Consultado: 1 Marzo de 2009].

Estados Unidos y México por lo que se vuelven más vulnerables a los desastres naturales. En el caso de Estados Unidos, debido a que las guerras nunca fueron llevadas a cabo al interior de su territorio, no hubo existido la necesidad de disponerse en la restructuración energética a comparación de los países europeos que quedaron destruidos después de la Segunda Guerra Mundial.

En el tema de México cabe rescatar al Estado en el que se concentran la mayor extensión y cantidad de gasoductos y oleoductos del país, es decir Tabasco; en donde la mayor parte de los 8 mil 173 kilómetros de longitud de sus instalaciones tienen entre 10 y 30 años. Aunque se debe considerar que los ductos en tierras húmedas como las de Tabasco, tienen una duración aproximada de 15 y 40 años.

Son tuberías viejas, oxidadas, de las que se desconoce su duración exacta y que en algunos casos, como los de los tramos que están en desuso, ni siquiera se sabe dónde se localizan. Sin embargo, lo peor de los ductos de Pemex en Tabasco es que hasta cuando les dan mantenimiento generan contaminación, como la quema a cielo abierto que se hace para diferir la producción y poder realizar la "corredura de diablos", es decir, limpiar residuos a través de un dispositivo denominado "diablo".

De acuerdo con un informe de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la mayor parte de las líneas de conducción de PEMEX, desde su origen hasta su destino, van enterradas en el suelo a una profundidad de 0.5 a 1.0 metros y en algunos casos, atraviesan pantanos, arroyos, ríos, lagunas y poblaciones.¹⁵³

De manera paralela, existe un retraso de la industria petrolera respecto a otras empresas y países en materia de explotación y exploración en aguas profundas, toda vez que en esta materia sólo ha hecho seis ejercicios de hasta mil metros de

¹⁵³ Cfr.: Carlos Marí, "Pemex, el precio de la negligencia. 500 accidentes en 5 años". Agencia Reforma, 21 de Junio de 1998, [en línea], Dirección URL: <http://www.accessmylibrary.com>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

profundidad. El aplazamiento, continuó, es relevante pues se requiere ir a profundidades de hasta los mil 500 y dos mil metros, donde "PEMEX no tiene experiencia".¹⁵⁴

Desde otro ángulo, cabe mencionar que la recuperación de la infraestructura, y la reapertura de la misma, puede tomar desde semanas hasta meses dependiendo de los daños ocasionados y del capital requerido para su reparación.

2.3.2. EL DESHIELO DE LOS POLOS Y EL DEBILITAMIENTO DE LA CAPA DE PERMAFROST¹⁵⁵

Otra de las consecuencias del cambio climático que amenazan a la industria petrolera es el peligro, surgido a raíz del calentamiento global, que podría provocar la pérdida total de hielo en la región polar y una subida de siete metros en los océanos del mundo como ya se mencionó en el primer capítulo. Asimismo se advierte de los riesgos que acechan a los oleoductos de la región, dispuestos en la superficie de tierras que pueden romperse por la posibilidad de que el suelo helado actual se vuelva inestable.¹⁵⁶ Según señala un estudio realizado por medio de complejas simulaciones por el *National Center for Atmospheric Research* (NCAR) para el año 2050, la mitad del subsuelo helado del hemisferio norte de nuestro planeta podría desaparecer y, para 2100, hasta un 90% de la superficie actual.¹⁵⁷

¹⁵⁴ Reyes Heróles, "Pemex necesita apoyarse en otras empresas", *El Financiero*, Negocios, México, Miércoles 26 de marzo de 2008, [en línea], Dirección URL: www.financiero.com, [consultado: 3 de Marzo de 2009].

¹⁵⁵ El permafrost, gelisol o geliduelo es aquel suelo que permanece congelado, llega a medir hasta 400 metros de espesor en Siberia, datando de las glaciaciones del cuaternario. La alternancia del hielo y del deshielo provocan su gelivación, es decir, la fragmentación de las rocas como consecuencia de la alternancia del hielo y deshielo. Véase: Tomás de Galiana Mingot, *Gran diccionario de las ciencias*, México, Larousse, 1987, p. 507.

¹⁵⁶ Eduardo Martínez. "El calentamiento global amenaza los oleoductos en el Ártico". *Tendencias Científicas*, Informe del Consejo Ártico, 21 de Noviembre de 2004, [en línea], Dirección URL: www.tendencias21.net [consultado: Julio 23 2008].

¹⁵⁷ David Lawrence, National Center for Atmospheric Research, "Most of Arctic's Near-Surface Permafrost May Thaw by 2100", December 19 de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.ncar.ucar.edu/>, [consultado: 1 de Abril de 2009].

Según el informe realizado por el *Arctic Climate Impact Assessment (ACIA)*, realizado durante cuatro años por más de 250 científicos de ocho países, la temperatura invernal ha aumentado en los últimos 50 años cerca de 4 grados en Alaska, Oeste de Canadá y Este de Rusia, lo que según este informe ha provocado la pérdida de un millón de kilómetros cuadrados de superficie helada desde 1974.¹⁵⁸ (Revisar imagen 2.10)

Imagen 2.10 Deshielo de los casquetes polares

HIELO OBSERVADO EN SEPTIEMBRE 1979



HIELO OBSERVADO EN SEPTIEMBRE 2003



Fuente: Susan Joy Hassol, *Arctic Impact Assessment*, 2004. Press Syndicate of University of Cambridge, Canada, 2004. p.11 (Traducción Libre)

Es importante tomar en consideración que el proceso de deshielo es acelerativo, es decir, causa reacciones que aceleran su proceso. La zona de deshielo, donde el calor de verano convierte la nieve y el hielo alrededor de los bordes de la placa de hielo en estanques granizado y hielo derretido, se ha estado expandiendo al interior de las regiones y se ha registrado altas elevaciones en los últimos años. Cuando el deshielo se filtra a través de grietas en la capa de hielo, acelera en la mayoría de los casos el derretimiento; y en algunas zonas, permite que el hielo se deslice más fácilmente sobre la base de roca al fondo, lo que acelera su movimiento hacia el mar. Además de contribuir al aumento del nivel del mar a nivel mundial, este proceso agrega agua dulce al océano, con impactos potenciales en

¹⁵⁸ Cfr.: Susan Joy Hassol, *Arctic Impact Assessment*, Canadá, Press Syndicate of University of Cambridge, 2004, pp. 1-4 (Traducción Libre).

la circulación oceánica y, por tanto, el clima regional causando un constante ciclo de aumento de temperatura.

Existen una gran variedad de sucesos que permiten dar cuenta de los efectos que ha tenido el deshielo y el debilitamiento del permafrost sobre la industria petrolera en diversas regiones del mundo.

Una de las preocupaciones más importantes que existen en la actualidad es la posibilidad de que una central nuclear rusa, situada cerca de Mourmansk, resulte amenazada, así como la amenaza a la que se enfrentan los oleoductos de Alaska y Rusia debido al deshielo del permafrost. Oleoductos y gasoductos se han roto, causando accidentes y vertidos que han eliminado grandes cantidades de tierras de uso a causa de la contaminación del suelo. Como ejemplo, se han presentado daños en las líneas de transmisión de gas y petróleo en la zona de permafrost en donde se presenta una situación especialmente grave, 16 rupturas se registraron en la tubería Messoyakha-Norilsk en el 2004; en el distrito autónomo de Khanty-Mansi ocurrieron 1702 accidentes de derrames y se produjeron más de 640 kilómetros cuadrados de tierra fueron removidos de uso en un año debido a la contaminación del suelo.¹⁵⁹

Todos los países limítrofes del Ártico, menos Finlandia, poseen terminales petrolíferas que son fundamentales para el suministro de petróleo en Occidente. Abundando sobre esta realidad, el Consejo Ártico ha señalado los riesgos ecológicos graves que se derivarían de eventuales rupturas en los oleoductos árticos, ya que el impacto afectaría incluso a regiones alejadas.

Los antecedentes de estos episodios son elocuentes: en 1994 se produjeron fugas de petróleo en la región rusa de Usinsk que arrojaron 116 millones de toneladas de petróleo bruto, causando grandes daños a la región.

¹⁵⁹ Cfr.: Susan Joy Hassol, *Op. Cit.*, p.117. (Traducción Libre).

En latitudes tan extremas los ecosistemas de la tundra y la taiga son altamente sensibles a la contaminación por crudo. Los oleoductos de la región están dispuestos en la superficie de tierras agrícolas, mal construidos y con pobre mantenimiento, por lo que ya sufren fugas regulares. Los efectos de este tipo de contaminación por crudo se prolongan durante décadas.¹⁶⁰

La industria de extracción de carbón y minerales es una parte vital de la economía rusa. Se estima que el transporte de carbón y minerales incluyendo dentro de éstos al petróleo y el gas se verán afectados negativamente debido a que algunas unidades industriales dependen de carreteras sobre el permafrost para su transporte; además, es muy probable que experimenten mayores costos de mantenimiento en función al descongelamiento del permafrost.¹⁶¹

Para ello es importante recordar que en enero de 2003, la construcción de carreteras en invierno en los territorios del noroeste de Canadá fue retrasada. Les Shaw, superintendente de transporte para la región de Fort Simpson, dijo que el clima cálido y la falta de nieve retrasó a la carretera invernal y la construcción de puentes de hielo varias semanas. El puente de hielo que atraviesa todo el río Mackenzie en Fort Providencia es un buen ejemplo. Durante varios años el hielo se había estado formado a través del canal a mediados de Diciembre y principios de Enero, lo cual resultaba anormal ya que originalmente sucedía a principios de Diciembre. Esto provoca grandes problemas para las industrias de petróleo y gas que dependen en las carreteras congeladas para abastecerse de cientos de toneladas de suministros para el año¹⁶².

Desde otra perspectiva, en algunas áreas la interacción entre el calentamiento global y la ingeniería inadecuada están causando problemas debido al peso de la infraestructura que se encuentra construida sobre las capas de permafrost que resulta ser un factor importante. Mientras que instalaciones y edificios pesados y

¹⁶⁰ Cfr.: Eduardo Martinez, *Op. Cit.*

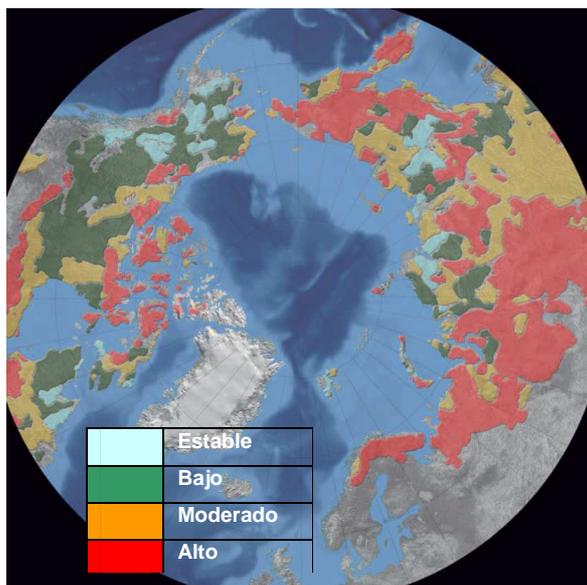
¹⁶¹ Cfr.: Susan Joy Hassol, *Op. Cit.*, p. 116.

¹⁶² Cfr.: *Ibidem*, p.86.

con varios pisos del norte de Rusia han sufrido fallas estructurales, los más ligeros de peso han tenido menos problemas cuando el permafrost se derrite. La continua reparación y mantenimiento también es necesario para los edificios cimentados en el permafrost de lo contrario corren el riesgo de derrumbarse.¹⁶³

En el mapa 2.11 es posible observar las áreas con mayor potencial de riesgo por nivel de riesgo para obras de infraestructura debido a la descongelación del permafrost a mediados de este siglo. Como es posible apreciar existe una alta concentración de áreas de mayor susceptibilidad a la erosión que aquellas que se encuentran estables por lo que es necesario buscar una reducción de dicho proceso con el fin de conservar tanto la infraestructura como las zonas habitables y la actividad humana.

Mapa 2.11 Infraestructura en Riesgo para 2050 debido al deshielo del Permafrost



El mapa muestra el potencial de riesgo por nivel de riesgo para los edificios, caminos y otras obras de infraestructura debido a la descongelación del permafrost a mediados de este siglo, calculada utilizando el modelo climático Hadley con el escenario moderado de emisiones B2. El peligro potencial está dividido en zonas de alta, moderada y baja susceptibilidad. Áreas de permafrost estable, que no son susceptibles de cambio, también se muestran. Una zona en la alta y moderada categoría de riesgo se extiende discontinuamente alrededor de todo el Océano Ártico, lo que indica un alto potencial para la erosión costera. El transporte y los corredores de oleoductos atraviesan zonas de alto potencial de riesgo en el noroeste de América del Norte. El área que contiene la producción de gas natural de Nadym-Pur-Taz y las infraestructuras asociadas al complejo en el noroeste de Siberia también se encuentran en la categoría de alto riesgo. Gran parte de Siberia central, en particular la República de Sakha (Yakutia), y el Lejano Oriente ruso muestran moderado o alto riesgo potencial. Dentro de estas áreas se encuentran grandes centros de población (Yakutsk, Noril'sk, Vorkuta), una extensa red de carreteras, y el Trans-Siberian y los Ferrocarriles Centrales Baikal-Amur. La planta de energía nuclear Bilibino y su red ocupan un área de alto potencial de riesgo en el extremo oriente ruso.

Elaboración propia basado en: Susan Joy Hassol, Arctic Impact Assessment, 2004, Canadá, Press Syndicate of University of Cambridge, 2004. p.88 (Traducción Libre)

Para los próximos 100 años por lo menos, se proyectan mayoritariamente impactos negativos para la infraestructura existente en la parte central y oriental

¹⁶³ Cfr.: Ibidem, p.88.

de Canadá (Ártico), el Oeste de Groenlandia y mares adyacentes, tal como oleoductos en la parte norte, las fundiciones de pilotes en el permafrost, puentes, crucen en ríos de tuberías, diques, estructuras de protección contra la erosión, y la estabilidad de las paredes de minas a cielo abierto.¹⁶⁴

El deshielo del permafrost, en donde se ubican edificios, oleoductos, aeropuertos, instalaciones costeras que soportan el desarrollo de petróleo y gas es muy probable que afecte negativamente a estas estructuras y aumentar el costo de su mantenimiento.

Por lo tanto es importante tomar en cuenta que aunque con el calentamiento global se han abierto nuevas posibilidades de explotar petróleo en la zona Ártica considerando las nuevas vías para la exploración, existe un gran contratiempo ya que científicos gubernamentales y grupos ambientalistas han planteado que los constructores de gasoductos en el Ártico (como por ejemplo el Imperial Oil que iba a hacer una inversión de 6 billones de dólares para construir un oleoducto al Norte de Canadá no han tomado en consideración el derretimiento del permafrost debajo de las tuberías)¹⁶⁵. Tampoco se ha considerado el efecto del aumento del nivel del mar y un aumento de la temporada de tormentas a través de los campos de gas que se encuentran a bajas altitudes ya que el suelo congelado es el que crea la estructura que protege a los oleoductos.

Para ello de igual forma cabe rescatar que un oleoducto enterrado en el permafrost causa deshielo de los suelos congelados alrededor de él, y se asienta mientras el suelo descongelado se consolida. Debido a que la cantidad de hielo en el suelo varía de punto a punto a lo largo de la alineación de la tubería, el asentamiento será desigual, y se induce la flexión en la tubería. Estimaciones de los asentamientos de deshielo calculadas por medio de perforaciones aisladas no

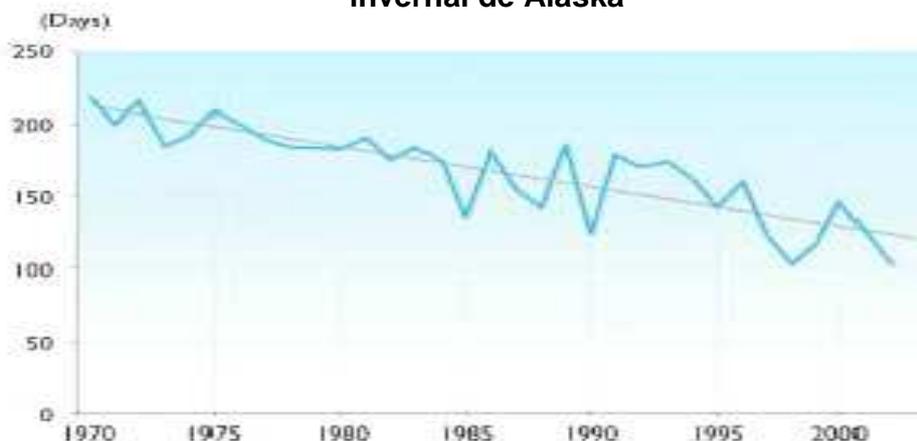
¹⁶⁴ Cfr.: Ibidem, p.121.

¹⁶⁵ Cfr.: NBC (News Broadcasting Channel), "Proposed Arctic pipeline obstacle: Warming. Canada holding hearings on safety of \$6 billion natural gas plan", 17 de febrero de 2006, [en línea], Dirección URL: <http://www.msnbc.msn.com/id/11383809/>, [consultado: 1 de Abril de 2009]. (Traducción Libre).

dan información de la posible magnitud de asentamientos diferenciales; y en vez son utilizadas medidas estadísticas de la intensidad de fluctuaciones en los asentamientos de deshielo.¹⁶⁶

De la misma manera, a causa de calentamiento, el número de días al año en que viajar en la tundra de Alaska es permitido por las normas del Departamento de Recursos Naturales se ha reducido de más de 200 a alrededor de 100 en los últimos años, lo que resulta una reducción del 50% en los días en que se puede hacer exploración y extracción de petróleo y gas.¹⁶⁷ (Revisar gráfica 2.12)

**Gráfica 2.12 Días de viaje en la tundra
invernal de Alaska**



El número de días en que las actividades de exploración de petróleo en la tundra en Alaska están permitidas en virtud a las normas del Departamento de Recursos Naturales, se ha reducido a la mitad en los últimos 30 años, debido al calentamiento global. Las normas se basan en la dureza de la tundra y las condiciones de nieve; y son diseñadas para proteger a la tundra de daños.

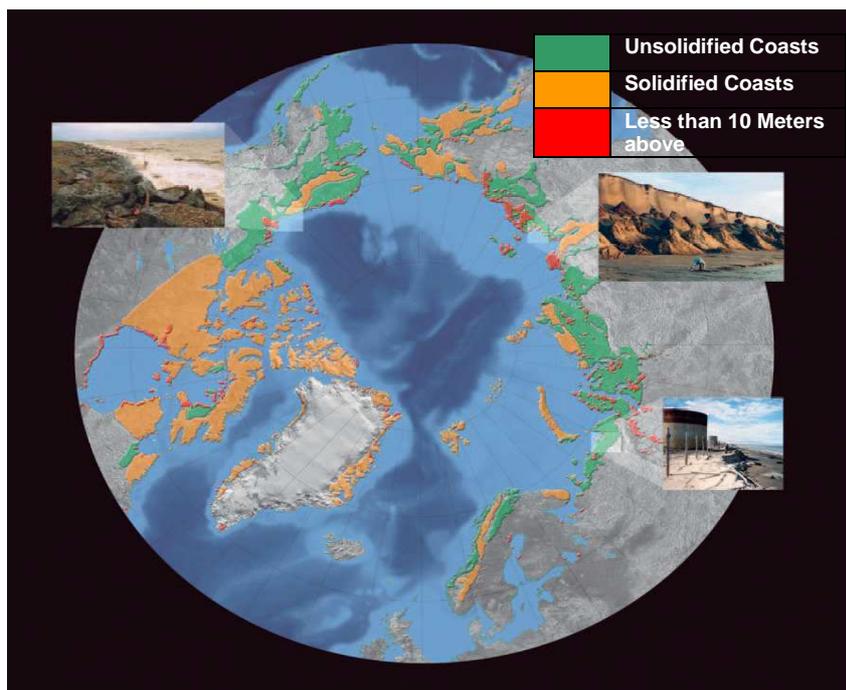
Cabe destacar que la tierra firme está pasando por un proceso de erosión que amenaza a la industria petrolera debido a que además de la pérdida de terreno por aumento del nivel del mar, habrá pérdida de terreno por la erosión. En el mapa 2.13 es posible apreciar la zona más susceptible a la erosión en donde la

¹⁶⁶ Cfr.: Palmer Andrew C., "Settlement of a pipeline on thawing permafrost", Cambridge Univ., Cambridge, Journal of the Transportation Engineering Division, Vol. 98, No. 3, Agosto 1972, pp. 477-491. (Traducción Libre)

¹⁶⁷ Cfr.: Susan Joy Hassol, *Op. Cit*, p.86. (Traducción Libre)

vulnerabilidad de una costa a la erosión depende del nivel del mar, las propiedades de los materiales de la costa, y factores ambientales tales como las fuerzas tectónicas y la acción de las olas. Las costas árticas no sólidas (en verde) que contienen cantidades variables de tierra de hielo, son más susceptibles a la erosión que las costas solidificadas (en naranja). Los ambientes costeros inestables se muestran en la inserción de fotografías de la Pechora, Laptev, costas y mar de Beaufort. Las fuerzas tectónicas crean levantamiento en algunos lugares, incluyendo el archipiélago de Canadá, Groenlandia y Noruega, y hundimientos en otros lugares como a lo largo del mar de Beaufort y las costas de Siberia. Las zonas (en rojo) en el que la altitud es inferior a 10 metros por encima de la media del nivel del mar son particularmente vulnerables.

Mapa 2.13 Áreas costeras árticas susceptibles a la erosión



Fuente: Susan Joy Hassol, *Arctic Impact Assessment 2004*, Canadá, Press Syndicate of University of Cambridge, 2004. pp. 78.

La instalación de almacenamiento de petróleo en el mar Pechora en Varandei (Rusia) fue construida en una isla fronteriza, provocando daños a las dunas y la

playa debido a la construcción de las instalaciones y su uso han acelerado las tasas naturales de la erosión costera. Las costas del mar Pechora fueron pensadas para ser relativamente estables, salvo cuando son perturbadas por la actividad humana. Debido a que este sitio ha sido perturbado, es más vulnerable a los daños ocasionados por mareas de tempestad y las olas que se convertirán en un problema cada vez mayor mientras la temperatura sigue aumentando¹⁶⁸.

2.3.3. AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

El debilitamiento de la capa de permafrost y otros cuerpos de hielo han dado pie al aumento del nivel del mar. En la actualidad, los niveles de mar ya están aumentando unos 1.5 milímetros por año. Existe la posibilidad de que las capas de hielo de Antártica se rompan lo cual provocaría un aumento repentino de 16 a 20 pies de altura, aunque esta cifra varía; aproximadamente de 5 a 6 metros provocaría el hundiendo las calles de Miami, Nueva York, Tokio y hundiría por completo a Venecia. El hecho de tratar de salvar una sola de éstas ciudades costaría billones de dólares¹⁶⁹ lo cual representaría una pérdida para la economía de los países amenazados.

Es necesario recordar que las capas de hielo Antártico y de Groenlandia contienen suficiente agua para elevar el nivel del mar por casi 70 m por lo que, pequeños cambios en su volumen podría tener un importante efecto.¹⁷⁰ En el cuadro 2.14 y la gráfico 2.15 es posible observar la cantidad de agua que podría ser vertida al océano según el cuerpo de hielo que se derrita.

¹⁶⁸ Cfr.: Susan Joy Hassol, *Op. Cit.*, p.81.

¹⁶⁹ Cfr.: Tim Flannery, *Op. Cit.*, p.136.

¹⁷⁰ Cfr.: Susmita Dasgupta, et. al., *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis*, World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007, p.3.

Cuadro 2.14 Características físicas del hielo sobre la Tierra

	Glaciers	Ice caps	Glaciers and ice caps *	Greenland ice sheet	Antarctic ice sheet
Number	> 160,000	70			
Area (10 ⁶ km ²)	0.43	0.24	0.68	1.71	12.37
Volume (10 ⁶ km ³)	0.08	0.10	0.18 ± 0.04	2.85	25.71
Sea-level rise equivalent (m)	0.24	0.27	0.50 ± 0.10	7.2	61.1
Accumulation (sea-level equivalent, mm/yr)			1.9 ± 0.3	1.4 ± 0.1	5.1 ± 0.2

Source: Church *et al.* (2001), Table 11.3
 Data sources: Meier and Bahr (1996), Warrick *et al.* (1996), Reeh *et al.* (1999), Huybrechts *et al.* (2000).
 * - does not include Greenland and Antarctic ice sheets (represented in the next columns)

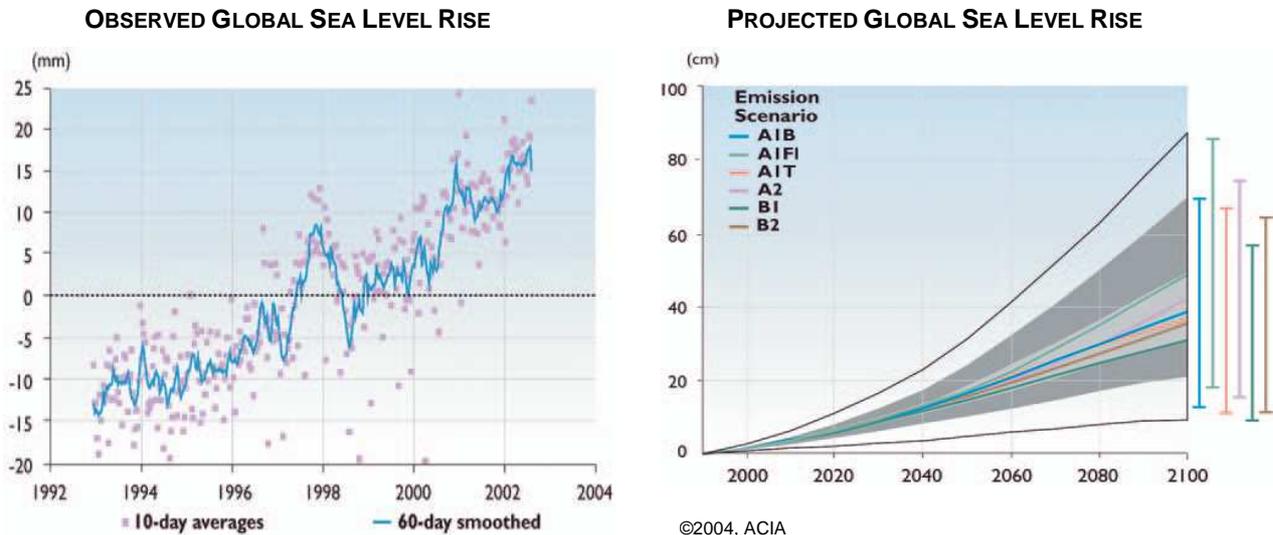
Fuente: Susmita Dasgupta, et. al., The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis, World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007, p.3.

Lo cual demuestra como la industria petrolera ha sufrido pérdidas tanto de producción como en su infraestructura debido a sucesos que se vienen presentando entorno al aumento del nivel del mar. Aunque el aumento del nivel del mar no se ha presentado de manera abrupta como uno se esperaría, sus efectos se pueden observar a través de las inundaciones y las altas mareas que se han presentado a causa de otros desastres naturales como lo huracanes, ya antes mencionados.

En las gráficas 2.15 se puede observar la manera en la que ha aumentado en nivel del mar en la última década y la manera en la que se acelera el aumento del nivel del mar para el 2100. Sin embargo, se ha calculado que el aumento del nivel del mar en la mayoría de las zonas costeras será perceptiblemente más alto de lo que anteriormente se esperaba e incluso tres veces más alto de lo previsto, por lo tanto el cambio del nivel del mar será muy variable en todo el mundo.¹⁷¹

¹⁷¹ *Cfr.:* Mitrovica J. X., *et. al.*, "The Sea-Level Fingerprint of West Antarctic Collapse", SCIENCE, Reino Unido, Vol. 323. No. 5915, 6 Febrero 2009, p. 753.

Gráfica 2.15 Aumento del nivel del mar observado y registrado



©2004, ACIA

Estos datos, desde un satélite lanzado en 1992, muestran el aumento de la media mundial del nivel del mar durante la última década.

©2004, ACIA

El gráfico muestra los futuros aumentos de la media mundial del nivel del mar en centímetros en función de las previsiones realizadas por un conjunto de modelos climáticos, usando seis escenarios de emisiones del IPCC. Las barras a la derecha muestran el rango proyectado por un grupo de modelos para los escenarios de emisiones designados.

Fuente: Susan Joy Hassol, Arctic Impact Assessment 2004, Canadá, Press Syndicate of University of Cambridge, 2004. p. 80. (Traducción Libre)

Así mismo el aumento de movimiento de tierra y los cambios en las aguas subterráneas pueden acelerar la degradación de la generación de energía de plantas de refinería así como sus cimientos, las líneas de transmisión, gasoductos y oleoductos. La infraestructura en zonas costeras y en alta mar de gas, petróleo y electricidad están en riesgo de daños significativos y el aumento de periodos de cierre a causa de marea y tormentas, viento, inundaciones y olaje fuerte, la elevación del nivel del mar agravará estos impactos¹⁷².

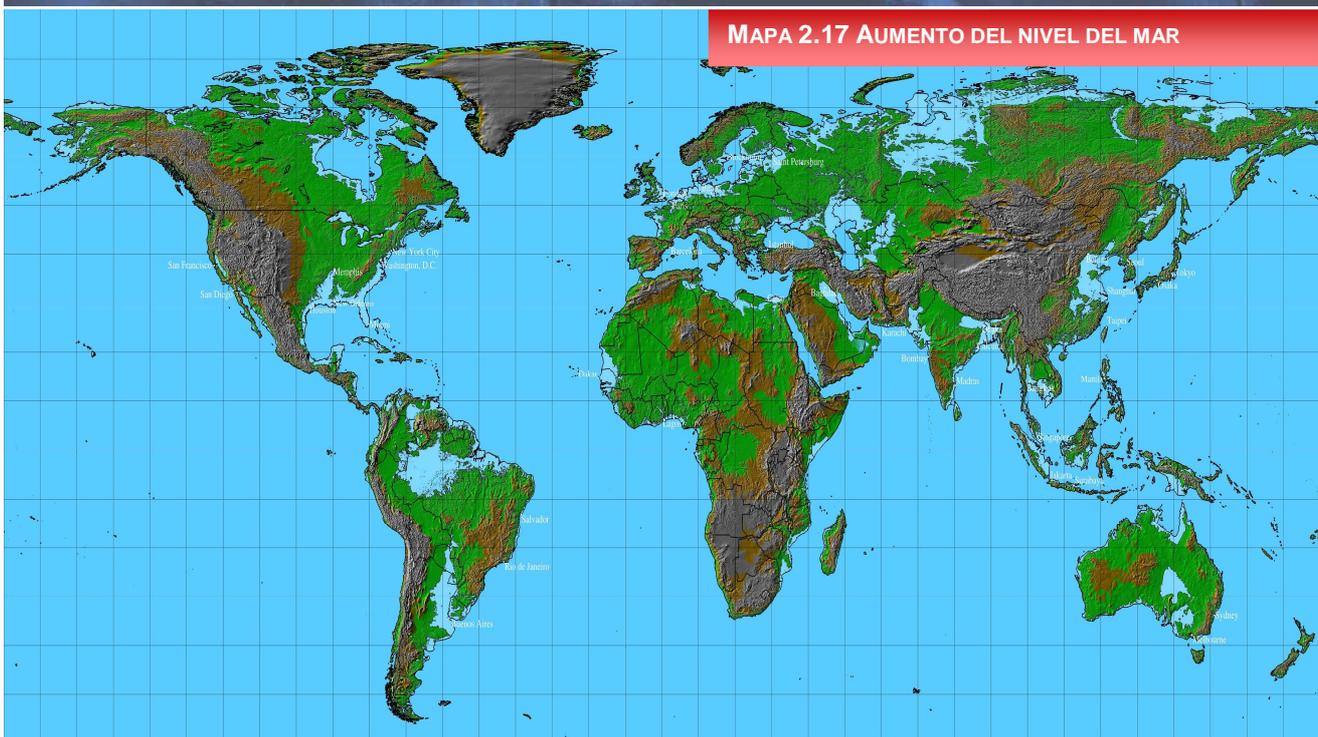
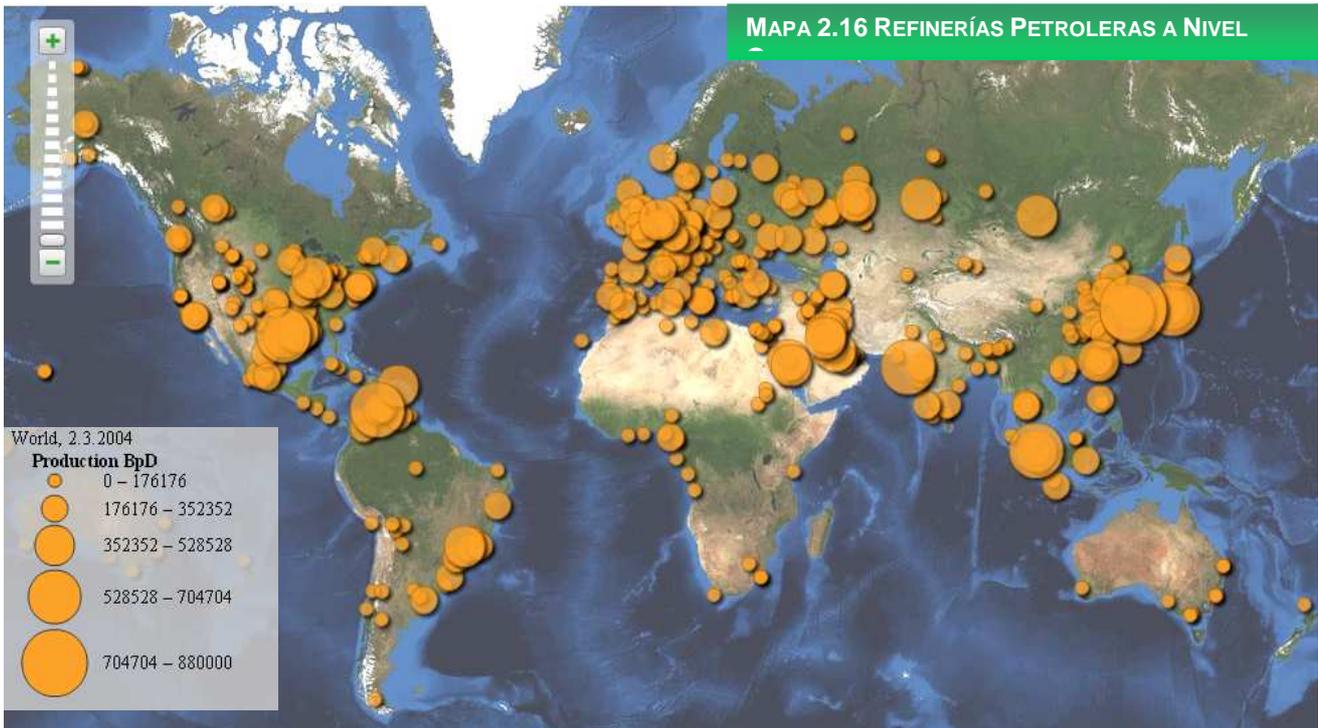
Además, hablar de aumento del nivel del mar también hace referencia a la pérdida de infraestructura debido a la pérdida de tierra. Es necesario recordar que la mayoría de las refinerías se encuentran en las costas por lo que su reubicación

¹⁷² Cfr.: Victorian Government Initiative, *Climate Change and Infrastructure. Planning Ahead*, Canadá, pp. 1-5, [en línea], Dirección URL: www.climatechange.vic.gov.au, [consultado: 1 de Abril de 2009]. (Traducción Libre)

tiene grandes costos y algunas de las plantas son demasiado complicadas para cambiar de localización.

En los mapas 2.16 y 2.17 es posible observar la ubicación de las principales infraestructuras de la industria petrolera en donde se aprecia la cercanía que tienen a las costas; en el segundo mapa, se muestra las proyecciones que se han llevado a cabo por científicos que permiten demostrar la pérdida de tierra debido al aumento del nivel del mar lo cual da cuenta del peligro en el que se encuentran las actuales refinerías ubicadas en dichas zonas.

Debe tomarse en consideración que estas proyecciones son dadas a corto plazo ya que existen otros científicos y mapistas que proyectan que las pérdidas serán mayores a las visualizadas, y con el paso del tiempo y siguiendo con el mismo ritmo de vida que llevamos en la actualidad, una gran parte de Estados Unidos, Sudamérica y Europa quedarán bajo agua desapareciéndose por completo países como Italia, Irlanda, o penínsulas como la de California.



Fuente: *Global oil refinery productions*, [en línea], Dirección URL: <http://maker.geocommons.com/maps/478?page=3>, [consultado: 27 de Marzo de 2009] y *Ecología Verde; Medio ambiente, ecología y desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.ecologiaverde.com/wp-content/2008/10/world100-8190.jpg>, [consultado: 27 de Marzo de 2009].

En términos absolutos, las zonas más vulnerables a las inundaciones son las del sur del Mediterráneo, África, particularmente Sur y Sudeste de Asia, donde hay una concentración de deltas bajas. Sin embargo, el Caribe, las islas del Océano Índico y el Océano Pacífico, las islas pequeñas pueden experimentar el mayor aumento relativo de riesgo de inundación. (Revisar anexo 5)

Las mayores pérdidas debido a la elevación del nivel del mar serán alrededor del Mediterráneo y del Báltico y, en menor medida en la costa atlántica de América Central y del Norte y las islas menores del Caribe. En conjunto, estos resultados muestran que un relativamente pequeño aumento global del nivel del mar podría tener efectos adversos importantes, si no hay una respuesta adaptativa.¹⁷³

En teoría, la subida del nivel del mar será mayor en los océanos ribereños de América del Norte y en el Océano Índico que en el resto del mundo. Esta diferencia se producirá en gran parte debido a que una placa de hielo ejerce una atracción gravitacional sobre los océanos cercanos y, por tanto, el agua es atraída hacia él. Si la placa de hielo se derrite y la atracción disminuye, el nivel del mar en realidad caerá dentro de los 2000 kilómetros de la placa de hielo colapsada y aumentar progresivamente según uno se aleje de esta región. Cada depósito de hielo, por lo tanto, producirá una huella digital distintiva del cambio del nivel del mar, teniendo como ejemplo a Washington DC, se predice una elevación del nivel del mar de 1,3 metros encima de la anterior estimación de 5 metros.¹⁷⁴

Según Tim Flannery, los polos se calentaran de 5 a 10 grados centígrados¹⁷⁵ lo cual al generar que los niveles del mar se incrementen, provoca que los puertos más importantes del mundo se queden bajo agua, creando un desajuste en todo el comercio internacional y por ende en la producción industrial ya que su mercado

¹⁷³ Robert J. Nicholls, *et. al.*, *Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analices*, Reino Unido, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, 1999. p.56. (Traducción Libre)

¹⁷⁴ Mitrovica J. X., *et. al.*, *Op. Cit.*, p. 753. (Traducción. Libre).

¹⁷⁵ Tim Flannery, *Op. Cit.*, p. 315.

se reducirá y se desarticulará en cuestiones de necesidades y hábitos de consumo.

Además las plataformas que se construyeron tomando en consideración la subida del nivel del mar en caso de huracanes tendrían que ser redefinidas especialmente en el caso de PEMEX en donde existen algunos errores en su calculación. Por ellos, y después del paso del Huracán Roxanne, se han hecho una gran cantidad de estudios que permitan resolver el problema del amuleto del nivel del mar y no tener que suspender la producción como en el Campo Ekofisk en el mar del Norte, durante 30 días, para poder elevar 6 metros las cubiertas de 5 plataformas, por ello en la Sonde de Campeche se han tomado acciones adaptativas, como reducción de atracaderos, conductores y módulos de limpieza de crecimiento marino, reforzamiento de juntas y miembros, en lo que es posible elevar las cubiertas por el costo que esto representa.¹⁷⁶

Por otro lado, el aumento del nivel del mar provoca una mayor dificultad de explotar los oleoductos que se encuentran en la zona marítima, debido a que su extracción requiere de grande infraestructura que incluso ha estancado su explotación debido a la falta de capital para invertir en ella. Por ello, con dicho fenómeno, únicamente se contribuiría a que su explotación sea más difícil. De igual manera, es importante reiterar que la mayoría de las refinerías en el mundo se encuentran en las costas por lo que el aumento del nivel del mar podría significar grandes pérdidas de infraestructura e instalaciones petrolíferas como se puede observar en el mapa anterior.

Según el IPCC, los cambios del clima afectarán a los sistemas costeros generando un mayor riesgo de mareas de tempestad y a un posible cambio en la frecuencia y/o intensidad de los fenómenos extremos. El cambio climático acentuará estos problemas, posiblemente repercutiendo en los ecosistemas y en

¹⁷⁶ Cfr.: Víctor M. Valdez Rubio, "Evaluación del estado actual de las instalaciones de la región marina suroeste después del paso del huracán Roxanne", Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petrolero de México, A.C., vol. XXXVII, núm. 7, julio, 1997, p. 54.

la infraestructura costera humana. Las costas de muchos países están ya hoy seriamente afectadas por un aumento del nivel del mar causado por hundimientos de origen tectónico y antropógeno.

Dado que cada vez es mayor el número de megalópolis situadas en áreas costeras, este cambio podría perturbar a una gran cantidad de infraestructura. Aunque para muchos países los costos anuales de protección son relativamente modestos (en torno a un 0.1% del PIB), el costo medio anual representaría para muchos pequeños países insulares varios puntos porcentuales de su PIB. Para algunos de ellos, el elevado costo de la protección frente a las mareas de tempestad haría ésta prácticamente inviable, especialmente si se tiene en cuenta la limitada disponibilidad de capital para inversiones.

Las playas, dunas, estuarios y humedales costeros se adaptan de manera natural y dinámica a los cambios del viento y del mar, así como a los cambios del nivel del mar; en aquellas áreas en que la infraestructura no está muy desarrollada, sería posible planificar una retirada y adaptarse a los cambios. Existiría también la posibilidad de reconstruir o reubicar los bienes de capital cuando termine su período de vida útil. Pero en otras áreas la adaptación y la retirada planificada no son opciones viables, y será necesario instalar estructuras físicas (diques, malecones, muros de contención y barreras) y funcionales (enarenado de playas, restauración de dunas o creación de humedales) que sirvan de protección. Este tipo de realizaciones está limitado por factores tales como: insuficiencia de recursos financieros, capacidad institucional y tecnológica limitada, o carencia de personal adecuadamente formado, entre otros factores.¹⁷⁷

Estos problemas reflejan las grandes pérdidas que podría costarle a los países y más aun cuando se trata de países con infraestructura ya que ésta se verá

¹⁷⁷ Cfr.: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación De la Vulnerabilidad*, Informe Especial del IPCC. Noviembre de 1997, [en línea], Dirección URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf>, [consultado: 1 de Abril de 2009].

dañada. Aunque suene un tanto frío, es importante considerar que los países subdesarrollados no tienen tanto que perder, ya que no cuentan con la infraestructura que tienen los países desarrollados. Ejemplo de ello es Nueva York, que estando en plena costa podría sufrir daños difícilmente reparables, porque aunque la gente se pueda desplazar, es imposible levantar sus edificios y recorrerlos un par de metros, sin embargo, la pérdida de patrimonio cultural en el resto de los países es innegable.

Del mismo modo, algunos autores establecen que en otro sentido, los países subdesarrollados serán los que pagarán mayores costos. Al respecto, el Informe Stern menciona lo siguiente:

*Todos los países serán afectados. Los más vulnerables - los países y poblaciones más pobres - sufrirán antes y más intensamente, aun cuando sean los que menos hayan contribuido a las causas del cambio climático. Los costes de las condiciones meteorológicas extremas, incluidas las inundaciones, las sequías y las tormentas, ya están aumentando, incluso para los países ricos.*¹⁷⁸

Debemos tomar en cuenta que cuando el nivel del agua se eleva no solamente es afectada la parte del territorio que queda sumergida, sino que la que queda debajo del agua sufre los efectos propios de la erosión marina, provocando contaminación, y el agua potable queda inmersa en el agua marina.¹⁷⁹

Desde una perspectiva más lejana a la que hemos venido planteando, cabe rescatar que el calentamiento global y la escasez de recursos naturales ha provocado muertes alrededor del mundo. En esta línea, es importante considerar que la industria además de sostenerse en recursos energéticos y materia prima, se sostiene en los recursos humanos. Conjuntamente hemos identificado que la mayor parte de la sociedad vulnerable a los efectos del cambio climático

¹⁷⁸ Sir Nicholas Stern, Stern Review on the Economics of Climate Change, [en línea], Dirección URL: http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Part_III_Introduction_Group.pdf, [consultado: 20 de Marzo de 2009].

¹⁷⁹ Cfr.: Joaquín Sempere; Jorge Riechmann, *Op. Cit.*, p. 271.

generalmente están ubicados –laboralmente- en el área industrial, por lo que es posible que con la escasez de recursos humanos o mano de obra especializada este sector se vea afectado, considerando que el personal que labora y maneja equipos especializados dentro de la industria petrolera habitan en las costas y según informes sobre el aumento del nivel del mar, se ha tenido que evacuar a las poblaciones de ciertas costas y en ocasiones reubicarlas.

Aún así, hay una considerable incertidumbre con respecto a las implicaciones del cambio climático global y las respuestas de los ecosistemas, que a su vez, pueden traducirse en desequilibrios económicos (EEI, 1997). Este tema será de vital importancia en países que dependen fuertemente de recursos naturales.

“La Tierra de hoy en día tiene mucho más que perder a causa de un rápido calentamiento que el mundo de hace 55 millones de años. En aquella ocasión el calentamiento cerró un periodo geológico, mientras que nosotros, a causa de nuestras actividades, podríamos poner punto final a toda una Era”.¹⁸⁰

2.4. EFECTOS EN LA ECONOMÍA INTERNACIONAL

Ya habiendo revisado algunas de las principales consecuencias que ha tenido los efectos del medio ambiente en la industria petrolera, resulta indispensable aterrizar en las consecuencias que dichos sucesos implicarían para la economía internacional. Ya que a partir de un análisis del proceso funcional de las industrias y de ciclo del medio ambiente, identificamos que en el contexto de una escasez de recursos naturales, las empresas sufrirán crisis por el aumento de precios en materia prima lo cual les obligaría a disminuir la oferta de su producción. De igual manera se podrían ver obligadas a redefinir su estructura procesal modificando sus materiales, maquinaria o en el peor de los casos la modificación de su perfil industrial, es decir la fabricación de otro producto. Esto significaría una “crisis en la integración industrial consolidada en la escala internacional por el capitalismo en

¹⁸⁰ Tim Flannery, *Op. Cit.* p.220

la edad de las grandes corporaciones multinacionales que abarcan las actividades más diversas en los más diversos rincones del planeta”,¹⁸¹ es decir, si una parte del engranaje industrial internacional se ve alterado o afectado, el resto sufrirá una crisis inmediata. En este sentido, en algunos casos los efectos que tiene la industria petrolera afectan a la propia industria (petrolera) de manera indirecta como veremos enseguida.

A partir de lo anterior, comprender la dependencia que existe entre un ecosistema y otro resulta necesario, para ello cabe rescatar a Travis Wagner quien establece lo siguiente:

*La Tierra se compone de redes complejas, entrelazadas de relaciones entre los organismos y el ambiente físico y químico. Las leyes fundamentales de un ecosistema establecen que los cambios en un componente del sistema ocasionarán cambios en otro, en tanto el sistema se ajusta a las nuevas condiciones creadas por el cambio inicial.*¹⁸²

Al seguir la misma lógica, es importante recordar que así como el ecosistema es una red compleja e interdependiente, de la misma manera, la economía lo es. A partir de lo anterior es posible identificar que con los efectos del calentamiento global se ha creado una crisis en la industria petrolera en varias ocasiones, creando grandes pérdidas y un *shift* en los precios del petróleo y sus derivados a nivel mundial. En algunos países se optado incluso por buscar nuevas fuentes de energía y su aplicación en distintos ramos de la vida cotidiana.

2.4.1. EFECTOS EN EL PRECIO DEL PETRÓLEO

Retomando ejemplos específicos, la demanda mundial de petróleo ascendió en 2001 a 76 millones de barriles por día, y se prevé que antes de 2030 su consumo

¹⁸¹ Cfr.: Paul A. Baran; Paul M. Sweezy, *El capital monopolista*, México, Siglo XXI 1968. Citado por: Eduardo Galeano, *Las venas abiertas de América Latina*, México, Siglo XXI, 1971. p. 271.

¹⁸² Travis Wagner, *Contaminación, causas y efectos*, México, Gernika, 1996. p 11.

aumente un 60%, lo que permite comprender la gran dependencia que la economía mundial tiene del oro negro. Cualquier variación en el precio del crudo, considerando que se trata de uno de los sectores más volátiles e imprevisibles de la economía mundial, ejerce un efecto dominó sobre el resto de la cadena económica, provocando una caída del consumo y un aumento de la inflación.¹⁸³ Un ejemplo de ello en México, fue la crisis de la industria petroquímica en Tabasco, que fue afectada por una inundación causando una pérdida total de 7% del PIB global de México.¹⁸⁴

Por lo tanto, y como se mencionó anteriormente, la economía de Estados Unidos – la cual se encuentra basada en el petróleo considerando que no formó parte del plan de reconversión energética- tiene una gran dependencia hacia el petróleo tomando de la misma manera en cuenta que su industria energética nunca fue modernizada. Es por ello que con los desastres naturales ocasionados por el calentamiento global; su recuperación económica y su funcionamiento se ven estancados.

Para ello cabe recordar un caso en Estado Unidos en donde “La Agencia Internacional de la Energía (AIE) pidió al Gobierno español la movilización de 70.000 barriles de crudo diarios durante un periodo de 30 días para ayudar a paliar el desabastecimiento de petróleo que sufre Estados Unidos tras el paso del huracán 'Katrina', dijo el Ministerio de Industria”¹⁸⁵ y en donde se había declarado no había capacidad de refino excedentaria en otras regiones que pudiera

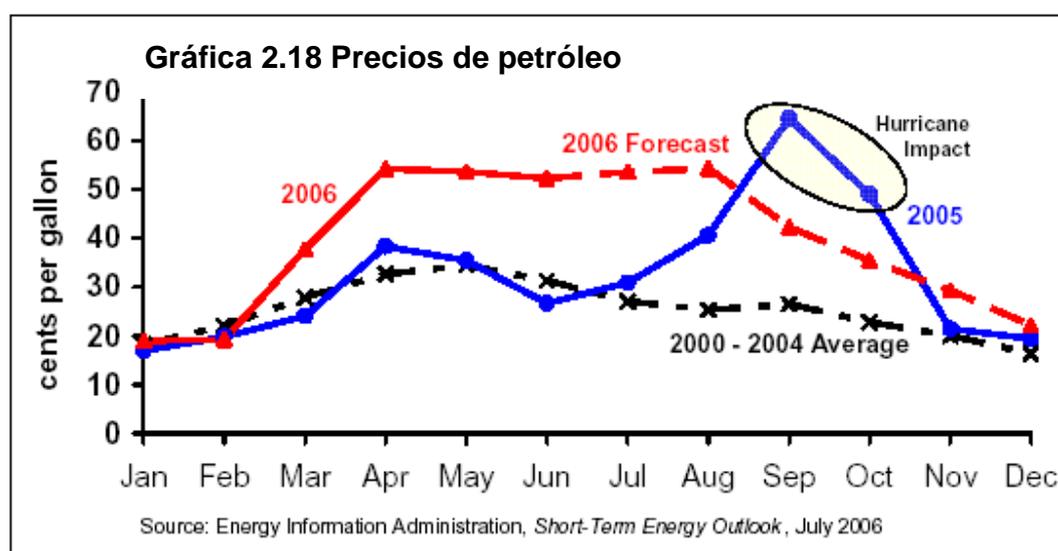
¹⁸³ Consumer Eroski, “La influencia del petróleo en la economía mundial: Urgen alternativas más rentables y no contaminantes”, [en línea], Dirección URL: <http://revista.consumer.es>, [consultado: 29 de Marzo de 2009].

¹⁸⁴ Cfr.: Juan Ramón Jiménez de León, *Cambio Climático o guerra meteorológica o ambos*, 27 de Noviembre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.arcanorevista.com/grandestemas/071127.html, [consultado: 22 de Junio de 2008].

¹⁸⁵ El mundo es (Economía), “La AIE pide a España 70.000 barriles diarios de crudo para enviar a Estados Unidos”, Viernes 2 de septiembre de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.elmundo.es/mundodinero/2005/09/02/economia/1125677408.html>, [consultado: 2 de Abril de 2009].

compensar las pérdidas de Luisiana.¹⁸⁶ En este sentido, aunque el impacto inicial del huracán fuera regional, las consecuencias afectaron al mercado mundial de petróleo.

Como se puede observar en la gráfica 2.18, uno de los periodos de mayor catástrofe en el tema de huracanes se dio entre el 2004 y 2005, en donde es posible apreciar la subida de los precios de petróleo.



Fuente: U.S. Department of Energy, *STEO Supplement: Summer 2006 Motor Gasoline Prices*, Energy Information Administration. *Oficial Energy Statistics from the U.S Government*. p.3, [en línea], Dirección URL: <http://www.eia.doe.gov/emeu/steo/pub/pdf/gasoline2006.pdf>, [consultado: 2 de Abril de 2009].

De igual forma es importante tomar en consideración que la constante alza en los precios del petróleo ha producido una disminución de la demanda lo cual ha llegado a afectar a la industria petrolera considerando que el almacenamiento del crudo resulta muy caro por lo que es más viable en términos de capital quemarlo.

Para comprender la importancia del petróleo para la economía desde otra perspectiva cabe recordar que España está obligada a almacenar la cantidad

¹⁸⁶ Cfr.: Cristino Martos, "El petróleo sube a 70 dólares por el temor a los daños del huracán", *Expansión*, Madrid, 30 de Marzo de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.expansion.com>, [consultado: 20 de Diciembre de 2008].

correspondiente a 90 días de consumo de petróleo en concepto de reservas mínimas de seguridad, tal y como establece la normativa de la AIE, el organismo que gestiona la colaboración en materia de energía en el ámbito de la Organización de Cooperación y Desarrollo Económico (OCDE). El consumo diario español asciende a 1,6 millones de barriles de petróleo diarios, por lo que la cantidad mínima de reservas correspondientes a 90 días suponen unos 144 millones de barriles diarios o equivalentes¹⁸⁷.

El aumento de los precios del crudo afecta a la economía otras maneras además de las ya mencionadas. Según el Departamento de Energía de los Estados Unidos¹⁸⁸, cuando los precios de los productos derivados del petróleo aumentan, los consumidores utilizan más de sus ingresos para pagar por los productos derivados de petróleo, y su gasto en otros bienes y servicios disminuye. Los gastos adicionales realizados en esos productos van a productores de petróleo extranjeros y nacionales, y cuando aumentan los márgenes mayoristas, a las refinerías.

El petróleo es igualmente una aportación vital para la producción de una amplia gama de bienes y servicios, ya que es utilizada para el transporte en las empresas de todo tipo. Los elevados precios del petróleo aumentan el costo de los insumos, y si los aumentos de los costos no pueden ser trasladados a los consumidores, la mano de obra y capital social no podrán ser reasignados. Los elevados precios del petróleo pueden provocar despidos de trabajadores y el cierre de las plantas, causando la reducción de la producción económica a corto plazo.

En el caso de los Estados Unidos, que es un importador neto de petróleo, así como otros países, los altos precios del petróleo afectan el poder adquisitivo del ingreso nacional a través de sus consecuencias sobre el comercio internacional. El

¹⁸⁷ Cfr.: El mundo es (Economía), *Op. Cit.*

¹⁸⁸ Cfr.: U.S. Department of Energy. "Economic Effects of High Oil Prices", Energy Information Administration. Oficial Energy Statistics from the U.S Government, [en línea], Dirección URL: http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/otheranalysis/aeo_2006analysispapers/efhop.html, [consultado: 2 de abril de 2009]. (Traducción Libre)

aumento del precio del petróleo importado obliga a las empresas a dedicar más de su producción a las exportaciones, frente a la satisfacción de la demanda interna de bienes y servicios, incluso si no hay cambio en la cantidad de petróleo consumido en el extranjero.

Los cambios en los precios del petróleo también pueden causar pérdidas económicas cuando las fricciones macroeconómicas impiden rápidos cambios en los precios nominales de los bienes finales (debido a los costos del cambio de precios de "menú") o para los principales insumos, tales como los salarios. Debido a que existe resistencia por parte de los trabajadores a la disminución de los salarios reales, los aumentos del precio del petróleo suelen dar lugar a una presión al alza sobre los niveles de los salarios nominales. Cuando un aumento nominal de los precios del petróleo pone en peligro el poder adquisitivo, el proceso de ajuste es más lento, con efectos multiplicadores en toda la economía.

Por último, el aumento de los precios del petróleo causa, en distintos grados, los aumentos en otros precios de la energía. Dependiendo de la capacidad de sustituir el petróleo por otras fuentes de energía, los aumentos de precios pueden ser muy grandes y pueden causar efectos macroeconómicos similares a los efectos de los aumentos del precio del petróleo.

2.4.2 EFECTOS EN OTROS SECTORES

Retomando la línea de la creación de un análisis externo referente a los efectos de la crisis ambiental en la economía industrial, es posible identificar que la interconectividad de la economía global puede causar efectos en la industria siempre y cuando se esté afectando a alguno de los componentes que forman parte del ciclo económico. En este caso nos referimos a los efectos de una crisis en la industria debido a la desaparición de tierra. Para ello cabe rescatar que el deshielo de los polos, que ha tenido como consecuencia la modificación del nivel del mar ha impactado en la economía Europea. Con respecto a éste punto la

Unión Europea sostiene que la subida del nivel del mar a causa de la acelerada fusión de los glaciares que impactará negativamente las costas del Mediterráneo, ocasionando una pérdida de 42.500 millones de euros anuales debido a los daños en infraestructura¹⁸⁹. En este caso rescatamos el caso de las industrias que se colocan a orillas de ríos y otros cuerpos acuíferos.

A partir de lo anterior es importante tomar en consideración que desde la estimación que hace la Unión Europea, los rendimientos agrícolas podrían caer entre el 1,9% y el 22,4% en el horizonte del 2080 en los países del sur de Europa.¹⁹⁰ Esto significaría una baja de ventas para las empresas petroleras debido que se dedican a producir pesticidas, fertilizantes, insecticidas y herbicidas así como otros productos que son utilizadas en el área agrícola.

Por otro lado, resulta importante revisar los estudios del Instituto Alemán de Investigaciones Económicas que alerta sobre los costos que ya ha causado el cambio climático. Según éste, las catástrofes naturales durante los últimos diez años han tenido costos materiales equivalentes a más de 330.000 millones de dólares. Esta cifra es seis veces superior a los daños registrados hace 50 años.¹⁹¹

Del mismo modo, el Informe Stern, realizado por este ex Vice-presidente del Banco Mundial, sostiene que el costo de la inacción para la economía mundial sería de entre un 5 y un 20% del Producto Interno Bruto. El calentamiento climático podría significarle a la economía mundial siete billones de dólares si los gobiernos no toman medidas radicales durante los próximos diez años. Sería más dañino que la Primera o la Segunda Guerra Mundial, o podría despertar una crisis equivalente a la gran depresión de 1930.¹⁹² Esto debido a que los niveles de contaminación ha rebasado el rango de ajuste que naturalmente asume la

¹⁸⁹ Cfr.: Eliseo Oliveras, "La UE asegura la ruina del turismo del sur por el calentamiento global", El Periódico Extremadura, sociedad, España, Miércoles 10 de enero 2007, [en línea], Dirección URL: www.elperiodicoextremadura.com/noticias/noticia.asp?pkid=279331, [consultado: 20 de marzo de 2009].

¹⁹⁰ Idem.

¹⁹¹ Marcel Claude, *Op. Cit.*

¹⁹² Sir Nicholas Stern, *Op. Cit.*

naturaleza para poder adaptarse a dicha situación, es por ello que se puede equiparar a los daños causados por una guerra, aunque debe de considerarse que se requiere de un periodo de ausencia de guerra para poder remediar los perjuicios causados. Sin embargo, en el caso de daños al medio ambiente por contaminación, no existe día en que paren todas las industrias de producir.

III. BIOTECNOLOGÍA EN EL CONTEXTO DEL DESARROLLO SUSTENTABLE: LAS APLICACIONES DE LA BIOTECNOLOGÍA BLANCA EN LA INDUSTRIA PETROLERA.

Todo Hallazgo científico, además de significado intelectual intrínseco, tiene valor potencial como instrumento creador de riqueza y poder.
-Daniel J. Goldstein-

Actualmente el desarrollo y la innovación tecnológica son impresionantes. Prácticamente todos los días se descubre o se perfeccionan algo; de hecho, este proceso ha alcanzado tal maduración, que se asegura que estamos en un nuevo proceso de revolución tecnológica. Si observamos el papel que ha tenido el desarrollo de la tecnología, desde que el capitalismo funda la modernidad, a su modo y hasta nuestros días, se vuelve evidente que el constante progreso tecnológico es un punto estratégico de la dinámica del capital, porque permite que los capitales involucrados del desarrollo puedan mantener su papel hegemónico dentro del mercado mundial mediante la continua explotación de plusvalía, y en específico bajo su forma de plusvalor extraordinario.¹⁹³

Es importante tener en consideración que los Estados desarrollados ven a la tecnología como un factor de su propia seguridad y por lo tanto procurador de su desarrollo social, razón por la cual existe una gran inversión de capital por parte de complejos tecnológicos y por el Estado representando un gran sector en su producto nacional bruto¹⁹⁴.

La tecnología se ha convertido en una herramienta necesaria para la producción, y es por ello que la solución a los problemas medioambientales no se encuentra en su erradicación, sino en su mejora o su utilización pertinente. Es decir, se trata de introducir al mercado, de manera permanente nuevas tecnologías, que aunque ya

¹⁹³ Gian Carlo Delgado, *La amenaza Biológica. Mitos y falsas promesas de la biotecnología*, México, Plaza y Janés, 2002. p. 35.

¹⁹⁴ Cfr.: Becerra Ramírez Manuel, "La protección de la biotecnología mediante la propiedad intelectual y sus tendencias", *Revista de Relaciones Internacionales*, cuarta época, no. 88, enero-abril, México, FCPyS-UNAM, 2002, p. 9.

existen, no son tan utilizadas. Nos referimos específicamente a las biotecnologías¹⁹⁵ Es en este sentido que se considera fundamental la utilización de este tipo de tecnologías que más allá de representar un beneficio para el ser humano representan un beneficio para el medio ambiente.

La utilización de biotecnología como un medio de sustitución de las tecnologías tradicionales entra dentro de la idea de alcanzar un desarrollo sustentable considerando que este hace referencia a “un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico e institucional, están todos en armonía, aumentando el potencial actual y futuro para atender las necesidades y las aspiraciones humanas; todo esto significa que el desarrollo del ser humano debe hacerse de manera compatible con los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de la biosfera”¹⁹⁶.

A lo largo de la historia se ha hablado de la “era atómica”, luego de la “era de las comunicaciones y de la “era de la computación”; no obstante el siglo XXI, más que de la computadora o de la tecnología espacial lo podemos considerar el siglo de la biotecnología, la cual nos ha proporcionado la manera de producir sustancias útiles en grandes cantidades y a un costo relativamente bajo. Algunos autores incluso optan por la idea de que nos encontramos en una metamorfosis de empresas de productos químicos a empresas de ciencias de la vida dando así el comienzo de la “era del comercio genético”, pues, los genes en este siglo son la materia prima tal y como lo fueron los combustibles fósiles, los metales y los minerales la materia prima del siglo industrial; lo cual nos lleva a repensar la

¹⁹⁵ La aplicación comercial de técnicas de ingeniería genética; Por otro lado, la biotecnología puede ser descrita como la aplicación de organismos, sistemas o procesos biológicos a la producción. Véase: Gian Carlo Delgado, *Op. Cit.* pp. 9-10.

¹⁹⁶ Enkerlin, *et. al.*, *Comisión Brundtland (1987)*, [en línea], Dirección URL: <http://www.zaragoza.unam.mx/licenciaturas/biologia/desarrollosustentable/paginaweb/brundtland.htm>, [consultado: 20 Noviembre 2008].

naturaleza del comercio, el contrato social y, claro esta, nuestra propia percepción del valor de la vida¹⁹⁷.

3.1. GENERALIDADES SOBRE LA BIOTECNOLOGÍA

Teniendo en cuenta lo anterior podemos encontrar una gran variedad de acepciones sobre el término de la biotecnología debido a que una definición generalizada implica una tarea difícil considerando sus diferentes áreas de aplicación, es por ello que existen autores que lo abordan en plural. Para hacer énfasis en este último punto rescatamos la definición del Centro de Tecnología de Carolina del Norte:

*La biotecnología no es una sola tecnología, agrupa varias técnicas que tienen en común la manipulación de células vivas y sus moléculas, y la aplicación práctica de estos procesos para la mejora de la vida.*¹⁹⁸

De la misma manera cabe rescatar la definición de la Asamblea General del Foro Europeo de Biotecnología (EFB):

*La biotecnología es la integración de las ciencias naturales y la ingeniería para conseguir aplicar organismos y células —o partes de los mismos— así como análogos moleculares en la producción de bienes y servicios.*¹⁹⁹

Pierre Douzou en su libro Las biotecnologías publicado en 1986, la define como:

[...] conjunto de técnicas que tiene por objeto la explotación de los microorganismos, de las células animales, vegetales y sus componentes, o

¹⁹⁷ Cfr.: Jeremy Rifkin, "Tiempo libre para disfrutarlo o para hacer filas de desempleados", en: Luis Álvarez Lozano, *Op. Cit.*, pp. 12-13.

¹⁹⁸ North Carolina Biotechnology Center, [en línea], Dirección URL: <http://www.ncbiotech.org/>, [consultado: 21 de noviembre de 2008].

¹⁹⁹ Asamblea general EFB, [en línea], Dirección URL: <http://www.eurodoctor.it/biotech.html>, [consultado: 21 de Noviembre de 2008].

*bien, en resumen, la explotación 'por lo vivo' de materias en general orgánicas.*²⁰⁰

Por su parte el Diccionario de Política Exterior del Dr. Hernández-Vela Salgado nos proporciona la siguiente definición:

*Amplia variedad de procedimientos científicos que implican el uso y manipulación de organismos vivos o de sus componentes como medios de producción de bienes y servicios.*²⁰¹

La Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos (OCDE) describe la biotecnología como:

*Aplicación de la ciencia y la tecnología tanto a organismos vivos como a sus partes, productos y moléculas para modificar materiales vivos o no para producir conocimiento, bienes y servicios.*²⁰²

Por su parte la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) da dos definiciones complementarias de biotecnología:

*El uso de procesos biológicos u organismos vivos, para la producción de materiales y servicios en beneficio de la humanidad. La biotecnología incluye el uso de técnicas que incrementan el valor económico de plantas y animales y desarrollan microorganismos para actuar en el medio ambiente*²⁰³.

²⁰⁰ Douzou Pierre, *Las biotecnologías*, México, FCE, 1986, p.7. En: Rioja Peregrina Leonardo, "Naturaleza viva, poder mundial y biotecnología: algunas reflexiones en torno a nuevos rasgos de la política mundial", en *Revista de Relaciones Internacionales*, cuarta época, no. 88, México, UNAM-FCPyS, enero-abril, 2002, p. 20.

²⁰¹ Edmundo Hernández-Vela Salgado, *Op. Cit.*, p. 84.

²⁰² Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL); *Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la biotecnología en la industria*, Octubre de 2003, p.10, [en línea], Dirección URL: www.madrimasd.org, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

²⁰³ Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

El Convenio sobre la Diversidad Biológica de Río de Janeiro de 1992, en su artículo 2 sobre términos utilizados, hace la siguiente apreciación:

Por "biotecnología" se entiende toda aplicación tecnológica que utilice sistemas biológicos y organismos vivos o sus derivados para la creación o modificación de productos o procesos para usos específicos.²⁰⁴

Del mismo modo el Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, en su artículo 3º la define como:

Por "biotecnología moderna" se entiende la aplicación de:

- a. Técnicas in vitro de ácido nucleico, incluidos el ácido desoxirribonucleico (ADN) recombinante y la inyección directa de ácido nucleico en células u orgánulos, o*
- b. La fusión de células más allá de la familia taxonómica, que superan las barreras fisiológicas naturales de la reproducción o de la recombinación y que no son técnicas utilizadas en la reproducción y selección tradicional.²⁰⁵*

Es entonces, la biotecnología, una disciplina que se ocupa del uso de organismos vivos para llevar a cabo procesos químicos definidos; su rasgo esencial es la utilización de microorganismos o células obtenidas de animales o plantas para producir productos o sustancias útiles en los procesos industriales.

La biotecnología abarca desde el nivel del organismo hasta el celular y de manera reciente el molecular. La biotecnología agrupa los fundamentos de un gran número de disciplinas, desde la biología clásica (taxonomía), hasta la bioingeniería, pasando por la ingeniería genética, la microbiología, la bioquímica,

²⁰⁴ Convenio sobre la Diversidad Biológica, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/convention/articles.shtml?a=cbd-02>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

²⁰⁵ Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, Montreal, 2000, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-es.pdf>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

la inmunología, la biología celular y molecular, etc.²⁰⁶ (revisar figura 3.1) En este último, el molecular) es posible tener acceso a los genes para que puedan ser utilizados. Gian Carlo Delgado lo define como una coreografía organizada por la biotecnología en donde se forman complejas danzas entre las moléculas que hacen de cada ser vivo lo que es.²⁰⁷

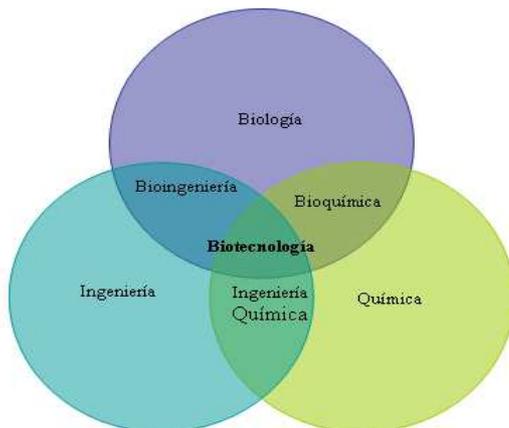


Gráfico 3.1 Cruce de disciplinas que dan origen a la biotecnología. Elaboración propia.

Las técnicas a nivel del organismo incluyen cultivo y selección animal y vegetal; en el nivel celular, procesos como la inseminación artificial y cultivo de tejido; en el molecular, la caracterización e insolación de genes, corte, pegado y traslado de genes sin importar las barreras de las especies.

3.2. EVOLUCIÓN DE LA BIOTECNOLOGÍA

Como anteriormente se había mencionado, la biotecnología es un proceso de largas transformaciones y evoluciones, basta con mencionar que se ha utilizado durante más de 10 mil años en la producción de alimentos, bebidas como son los quesos, vinagre y las bebidas alcohólicas, así como plantas con mejores rendimientos²⁰⁸, hasta el momento en el que vivimos donde el uso de organismos modificados genéticamente se aplica en un sin fin de sectores para producir bienes y servicios.

²⁰⁶ E. Muñoz, *Una visión de la Biotecnología: Principios políticos y problemas*. Madrid (España): Ed. Fondo Investigación Sanitaria. 1994, Citado en: Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) *Op. Cit.* p. 13

²⁰⁷ *Cfr.*: Gian Carlo Delgado, *Op. Cit.*, p.195

²⁰⁸ *Cfr.*: Octavio Paredes López; "Retos y oportunidades de la biotecnología agroalimentaria", Comercio Exterior, vol. 40, núm., 12, vol. 40, México, noviembre, 1990, p.1143.

Cuadro 3.2 Fases de la Biotecnología

	Fase Artesanal	Fase Científica			
		<i>Primera Generación</i>	<i>Segunda Generación</i>	<i>Tercera Generación</i>	<i>Cuarta Generación</i>
Periodo	3,000 a.c - actualidad	Finales del siglo XIX	Hasta mediados del siglo XX	Mediados del Siglo XX hasta finales del mismo	Finales del siglo XX
Característica	Etapa empírica	Pocas bases científicas		Se rebasan las barreras entre especies mediante la manipulación de la información genética	Se obtienen gran cantidad de datos con mayor rapidez
Descripción	Alimentos fermentados de manera artesanal	Primeros alimentos fermentados de manera industrial	Perfección de las técnicas de fermentación (Pasteur)	Se desarrolla el estudio de la estructura de múltiples proteínas, del ADN y de otras moléculas biológicas. Además, se estudian las mutaciones y la recombinación genética, se da también continuación al estudio del código genético	Surgen ciencias como la Genómica, la Proteómica y la Bioinformática.

Elaboración propia.

La evolución de la biotecnología puede distinguirse desde las etapas históricas que lo caracterizan en términos de su evolución a partir del avance científico que representa ante la aplicación del conocimiento tecnológico. De esta manera nos encontramos con cuatro generaciones o fases históricas oficiales y una etapa que identificamos como la pre-artesanal (como se señala en el cuadro 3.2).

La etapa pre-artesanal no se encuentra registrada como una etapa oficial dentro de las generaciones de la biotecnología, sin embargo consideramos importante rescatarla ya que fue el antecedente para su desarrollo posterior. Si bien la biotecnología es considerada una de las tecnologías del futuro, junto a la

microinformática y la robótica, su uso y métodos son en realidad ancestrales algunos realmente accidentales como la transformación de muchos productos agrícolas, como es posible observar en el cuadro 3.3, basta hacer mención que cerca de 3000 años a.c. aparecieron las primeras bebidas fermentadas como la cerveza, con el tiempo llegarían productos obtenidos gracias a la participación de hongos y bacterias no patógenos, microorganismos como quesos, pan, mantequilla, la col agria, los aderezos y, con proceso más elaborados whisky, sake, vodka etc.; todo lo cual nos permite observar que la biotecnología, si bien empírica y artesanal ha acompañado la evolución de nuestra civilización²⁰⁹.

Cuadro 3.3 Hitos de los procesos biotecnológicos en la antigüedad

Prehistoria	Bebidas alcohólicas
3000 a.C	Elaboración de cerveza
3000 a. C.	Elaboración de pan
Siglo XIV	Elaboración de vinagre
1689	Descripción de las células de levaduras por Leeuwenhoek
1818	Descubrimiento de las propiedades fermentativas de las levaduras por parte de Erxleben

Fuente: Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. *Aplicaciones de la biotecnología en la industria*, [en línea], p. 10, Octubre de 2003, Dirección URL: www.madrimasd.org, [consultado: 15 de noviembre de 2008].

No obstante, no puede decirse que la industria moderna de la biotecnología fermentativa sea la versión actualizada de los antiguos procesos fermentativos de la obtención de vino o queso, ni tan siquiera se puede decir que esté relacionada con los descubrimientos de la microbiología del siglo XIX. Se trata más bien del resultado de la aplicación de microorganismos seleccionados y manipulados para fines específicos²¹⁰.

La biotecnología de primera generación se sitúa a finales del siglo XIX, se caracteriza por la existencia de pocas bases científicas, pese al descubrimiento de los microorganismos como los agente vivos más pequeños, no hubo una

²⁰⁹ Cfr.: Pierre Douzou; *Las Biotecnologías*, México, FCE, 1986, pp. 9-10.

²¹⁰ Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), *Op. Cit.*, p.10.

comprensión precisa del grado de conocimiento que se había alcanzado hasta ese momento el cual provocó un estancamiento del conocimiento tecnológico logrado hasta ese momento. No fue sino hasta Pasteur que se dio el primer paso importante en la comprensión de los procesos biológicos, con la demostración que realizó acerca de los microbios vivos como los agentes activos de la fermentación. Pasteur sería quien transformaría la biotecnología de la práctica artesanal a la industrial y con el surgimiento de la biología molecular, basada en el descubrimiento de la estructura del ácido desoxiribonucleico (ADN) por los científicos James Watson y Francis Crick en 1953, que el desarrollo de la biotecnología moderna comenzó a cobrar velocidad. Con ello se avanzó notablemente en el mejoramiento científico y tecnológico de la bioindustria artesanal de la época dando origen a la segunda generación biotecnológica.²¹¹

Las bioindustrias de primera generación agrupan la fabricación de alimentos y bebidas fermentadas de manera industrial. Se caracterizan por cifras comerciales importantes y relativamente estables. En occidente, esta industria no ha invertido, en general, en forma significativa en los nuevos procedimientos biológicos. A diferencia de lo anterior, en el Japón numerosas empresas que ocupan ahora un puesto muy avanzado en microbiología industrial se originaron de la fabricación de alimentos y bebidas fermentadas, actividades que constituyen aún una parte notable de estas empresas²¹².

La Biotecnología de segunda generación llega hasta la primera mitad del siglo XX, después de la Segunda Guerra Mundial al perfeccionarse las técnicas de fermentación (de Pasteur) y de extracciones más complejas y al aparecer la hemisíntesis, apareamiento de bioconversión y síntesis químicas. Reúnen todo un conjunto de formas de producción que se puede someter a nuevos desarrollos rápidos a nivel de las técnicas o de los mercados, sea en

²¹¹ Cfr.: Juan Carlos Álvarez Chavira, *El desarrollo de la biotecnología y sus implicaciones política-económicas para los países en desarrollo*. Tesis para obtener el grado de licenciado en relaciones internacionales. UNAM, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México, 1992, p.27

²¹² Cfr.: Pierre Douzou, *Op. Cit.*, p. 100.

farmacología (antibióticos, derivados de la inmunología, hormonas, vitaminas), el campo agroalimentario (productos edulcorantes, aromas y aditivos alimentarios), agricultura (semillas y biopesticidas), recuperación de energía y materias primas o la protección del medio²¹³.

La aparición de los antibióticos en los albores del siglo XX, nos introdujeron en la biotecnología de segunda generación. Asimismo, y aunque su práctica se remonta a varios siglos antes de nuestra era, en las últimas décadas se fortalece con mayor relevancia el Control Biológico, partiendo del principio de equilibrio y revalorización de la biodiversidad mediante la utilización de organismos vivos como antagonistas naturales de organismos considerados plagas y/o vectores de enfermedades humanas.²¹⁴

La tercera generación surge a finales del siglo XX. Se caracteriza por un nuevo hito en el avance científico dedicado a la aplicación tecnológica del conocimiento básico en beneficio humano a través de la posibilidad de poder rebasar las barreras entre especies mediante la manipulación de la información genética.

El descubrimiento de la estructura del ADN por Watson y Crick demostró que los genes contienen la información para la producción de proteínas. Aunque resultó inmediatamente evidente que este descubrimiento podría tener unas implicaciones potenciales enormes para la medicina así como para muchas otras áreas de actividad, la realización práctica de este potencial no comenzó hasta el descubrimiento del ADN recombinante y los anticuerpos monoclonales a comienzos de los años 70. Estos dos descubrimientos abrieron el camino a las aplicaciones industriales, de las que se esperaban resultados económicos en periodos de tiempo relativamente cortos. A esto siguió una oleada de inversiones que condujeron a la creación de muchas compañías nuevas y a una forma de

²¹³ Ídem.

²¹⁴ Cfr.: Miguel Ángel Crespo, *La biotecnología*, [en línea], Dirección URL: www.leisa.info/index.php?url=show-blob, [consultado: 17 de noviembre de 2008].

organización industrial nueva. Así, desde sus primeros comienzos, la biotecnología fue una tecnología muy intensiva científicamente.²¹⁵

Durante este periodo se desarrolla el estudio de la estructura de múltiples proteínas, del ADN y de otras moléculas biológicas. Además, se estudian las mutaciones y la recombinación genética, se da también continuación al estudio del código genético, siendo esta secuencia universal y extrapolable a cualquier organismo. Estos avances permiten la aparición de las enzimas de restricción²¹⁶, que serán las herramientas clave de la Ingeniería Genética²¹⁷. Gracias a ésta se consigue que unos organismos expresen proteínas propias de otros diferentes manteniendo intacta su función, dado que el código genético es universal.²¹⁸

A continuación se enumeran algunos descubrimientos más importantes que tuvieron lugar a lo largo de esta etapa:

- En 1953 se da la primera secuenciación de una proteína completa: la insulina.
- En este mismo año Watson y Crick presentan el modelo de doble hélice como estructura del ADN.

²¹⁵ Cfr.: Pier Paolo Saviotti, *Informe de vigilancia tecnológica serie informes de tecnologías clave de la Comisión Europea. Biotecnología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.madrimasd.org>, [consultado: 17 de noviembre de 2008].

²¹⁶ Es una enzima que puede reconocer una secuencia característica de nucleótidos dentro de una molécula de ADN y cortar el ADN en ese punto en concreto.

²¹⁷ La Ingeniería Genética consiste en la manipulación de la estructura del ADN a cualquier nivel, ya sea modificando la secuencia de un determinado gen o genes, añadiéndolos, eliminándolos e incluso insertándolos en otros organismos manteniendo su expresión y por tanto función. Este hecho ha permitido la obtención de ciertos productos en cantidades que de otra manera, habría sido insostenible. Además, estas sustancias presentan total seguridad para el consumo y requiere un aporte económico menor para su producción. Los productos a los que hacemos referencia son entre otros, vacunas, fármacos y plantas transgénicas. Antes de la aparición de la Ingeniería Genética la insulina, por ejemplo, se obtenía de páncreas bovinos y porcinos, con la posterior modificación para evitar cualquier reacción en el paciente. Por tanto, se requería de la cría de estos animales en un número muy elevado (concretamente se necesitaba un páncreas porcino para tratar a una sola persona), lo cual hacía que la producción de insulina estuviera bastante limitada, suponiendo además un riesgo para los pacientes. Todos estos inconvenientes quedan totalmente solventados con la Ingeniería Genética durante la Era de la Biotecnología Terciaria.

²¹⁸ Cfr.: Departamento de biotecnología; *Biotecnología de tercera y cuarta generación*, [en línea], Dirección URL: mbbua.wetpaint.com/page/, [consultado: 20 de Noviembre de 2008].

- Una década más tarde Niremberg descifra el código genético del ADN, lo que demuestra que universal para cualquier organismo.
- Durante los años 70 se descubren las primeras enzimas de restricción, lo que abre el camino hacia la Ingeniería Genética.²¹⁹

En términos generales, la tercera generación biotecnológica son los OGM (organismos genéticamente modificados) que ofrecen la percepción de tener beneficios claros de nutrición y salud para los consumidores -dirigidos fundamentalmente a la gente con poder adquisitivo en los países industrializados. Ya en preparación hay plantas y animales modificados que producen vacunas, drogas y plásticos. También frutas, verduras o cereales con mas o nuevas vitaminas, tal como el 'arroz dorado' (con vitamina A) del gigante AstraZeneca, profusamente propagandeado.²²⁰

La cuarta generación de biotecnología toma lugar desde finales del siglo XX hasta la actualidad. En este periodo se desarrollan las ciencias alcanzando subdivisiones como son la Genómica, la Proteómica y la Bioinformática.

En la primera se engloba la secuenciación del genoma de un organismo en particular, su interacción y su funcionamiento. Así se ha llevado a cabo el Proyecto Genoma Humano, donde además de describir los genes del hombre y otras especies, se ha estudiado la relación que existe entre ellos.

La proteómica se encarga del estudio del conjunto de proteínas expresadas por un organismo, es decir, las proteínas codificadas por un genoma en particular en una situación determinada y en un momento dado. Debido al elevado número de datos que se obtienen en estas ciencias, se requiere de la Bioinformática, para que sean procesados con la mayor rapidez posible.

²¹⁹ Cfr.: Ídem.

²²⁰ Red de Agricultura Sustentable (RAS), *Información para la sustentabilidad. Transgénicos. Organismos genéticamente modificados*, [en línea], Dirección URL: www.agrisustentavel.com/ogm/t221200.htm, [consultado: 20 de Noviembre de 2008].

De esta manera tenemos que la Biotecnología de Cuarta Generación se diferencia, sobre todo, de la anterior en la gran cantidad de datos que se obtienen, la rapidez con la que éstos se procesan y que requiere de herramientas novedosas que tienen un alto coste económico.²²¹

De allí nos es posible identificar fundamentos metodológicos de la biotecnología como lo son²²²:

1. Biología molecular, la cual inicia con el descubrimiento de la estructura del ADN y tiene como principio que los fenómenos biológicos se deberán explicar en términos y relaciones de moléculas.
2. Genética y concepto de clon, estudiando los fenómenos hereditarios y la producción homogénea de individuos.
3. Clonación y purificación por vía genética, donde los clones u objetos vivos se pueden reutilizar para distintas operaciones.
4. Clonación de genes, con ello nace la ingeniería genética²²³ y con ella el estudio del genoma²²⁴.
5. La genética molecular, momento en el que se estudia la secuencia del ADN dando así origen a la genética moderna.
6. Manipulación de genes, logrando manifestaciones en los microorganismos huéspedes y con ello facilitar la fermentación.
7. Impulso de la biología molecular y de la biotecnología, que se traduce en abundantes inversiones basadas en la posibilidad de encontrar soluciones significativas.

²²¹ Cfr.: Departamento de biotecnología, *Op. Cit.*

²²² Cfr.: Pierre Douzou; *Op. Cit.*, pp. 22-37.

²²³ Conjunto de procedimientos complejos para el aislamiento, manipulación y expresión del material genético, también es conocida como métodos de recombinación artificial de ADN, o en forma breve, métodos de ADN recombinante.

²²⁴ Conjunto de todos los genes de un organismo.

3.3. TIPOS DE BIOTECNOLOGÍA

Es importante tomar en consideración que no existe una estructura definida ni una lectura precisa que permita desglosar el tema de biotecnología con precisión. Como una tecnología nueva aun se encuentra inmersa en un proceso de entendimiento. Cada día aprendemos nuevas formas de aplicación de la biotecnología y por lo tanto surgen nuevas categorías que usualmente reciben distintos nombres.

Por otra parte la biotecnología tiene apoyos en el progreso del saber fundamental debido al acelerado crecimiento y mejoras de los adelantos tecnológicos-científicos, lo cual ha llevado a la biotecnología a una ramificación generalizada que le permite especializarse en áreas específicas de la vida diaria, así podemos encontrar²²⁵:

- Biotecnología azul o marina: se ocupa de los nuevos productos que pueden obtenerse mediante la explotación de la biodiversidad marina. Encierra un gran potencial a largo plazo: un 80% de los organismos vivos del mundo se encuentran en los ecosistemas acuáticos. La biotecnología marina jugará un importante papel en numerosos sectores industriales, desde la acuicultura a los cuidados sanitarios, y desde la cosmética a los productos alimentarios.²²⁶
- Biotecnología verde: también conocido como Biotecnología vegetal o agrícola, hace referencia a las aplicaciones de la biotecnología en el campo de la agricultura.²²⁷

²²⁵ Cfr.: Advantage Austria, *Biotecnología en Austria*, [en línea], Dirección URL: <http://advantageaustria.org>, [consultado: 15 de Noviembre de 2008].

²²⁶ Cfr.: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, *Hacia una futura política marítima de la Unión: perspectiva europea de los océanos y los mares*, Bélgica, 2006, [en línea], Dirección URL: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/greenpaper_brochure_es.pdf., [consultado: 15 de Noviembre de 2008].

²²⁷ Cfr.: Ion Arocena; "La biotecnología verde", MKM Publicaciones, lunes 17 de septiembre de 2007, [en línea], Dirección URL: <http://www.mkm-pi.com/mkmpi.php?article493>, [consultado: 15 de Noviembre de 2008].

- Biotecnología roja: (medicina) es considerada el ámbito de aplicación más importante de la biotecnología. Los procedimientos biotecnológicos desempeñan un papel cada vez más relevante en el desarrollo de nuevos medicamentos (para el tratamiento del cáncer, por ejemplo). La biotecnología también es de gran importancia para el diagnóstico (chips de ADN, biosensores).
- Biotecnología blanca o industrial: se encuentra dentro de la industria química. La tarea de la biotecnología blanca consiste en facilitar la producción de sustancias como alcohol, vitaminas, aminoácidos, antibióticos o enzimas de forma ecológica y eficiente con los recursos como veremos más adelante.
- Biotecnología gris: se aplica a las tecnologías medioambientales. Aquí los procedimientos biotecnológicos ayudan al saneamiento del suelo, el tratamiento de las aguas residuales, la depuración de los gases de escape y de los gases contaminantes, así como el reciclaje de los desechos y sustancias residuales.²²⁸

En este caso, la biotecnología gris se convierte en complemento de la biotecnología blanca considerando que la segunda forma parte únicamente del proceso industrial y la primera se convierte en una solución *post* procesos industriales. Si nos fijamos en una aplicación más industrial, podemos definir los campos de la biotecnología en relación con los productos obtenidos.

- Producción de biomasa microbiana para alimentación animal.
- Producción microbiana de sustancias químicas, como ácido cítrico, ácido glutámico, aminoácidos, etc.
- Producción enzimática de sustancias químicas especiales, como determinados isómeros ópticos, etc.
- Producción microbiana o enzimática de antibióticos y vitaminas.

²²⁸ BIOTECH, "Los colores de la biotecnología". MKA publicaciones , Viernes 14 Marzo 2008 [en línea], Dirección URL: www.mkm-pi.com/mkmpi.php?article1868, [consultado: 13 Noviembre de 2008].

- Producción a gran escala de sustancias químicas anteriormente producidas a partir del petróleo, como etanol, butanol, acetona, ácido acético, etc.
- Producción, a partir de células animales o vegetales o de microorganismos genéticamente modificados, de antígenos, anticuerpos, agentes terapéuticos y de diagnóstico que anteriormente se fabricaban a partir de organismos superiores.
- Productos para la agricultura y la ganadería. Este método supone la mejora de las especies de plantas y animales por ingeniería genética y resulta mucho más rápido y efectivo que los métodos utilizados hasta ahora (esquejes o selección y cruzamiento de especies).
- Productos para la industria alimentaria, por ejemplo: enzimas, coadyuvantes alimentarios y, sobre todo, un mayor conocimiento de los procesos de fermentación utilizados desde siempre con la posibilidad de seleccionar mejor los microorganismos e incluso de mejorarlos genéticamente.
- Tecnologías más limpias o menos contaminantes. La obtención de una tecnología sin riesgos ambientales —o con los mínimos—, como resultado de la aplicación de las diferentes áreas de la biotecnología, puede considerarse también un producto obtenido a partir de la biotecnología y ser aplicable a diferentes sectores industriales²²⁹.

Si nos fijamos en el tipo de proceso, obtenemos otra distribución de los campos o áreas de la biotecnología:

- ADN recombinante (ingeniería genética). Esta técnica es la base de los procesos de obtención de enzimas, hormonas, anticuerpos, vacunas, etc.

²²⁹ Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la biotecnología en la industria. Octubre de 2003, *Op. Cit.*, p. 10.

- Cultivo de células vegetales y proteínas unicelulares. Esta técnica se utiliza en la producción de sustancias químicas como esteroides, alcaloides, proteínas unicelulares para la producción de biomasa, etc.
- Fermentaciones industriales. Esta técnica es muy antigua, pero hoy en día estamos en condiciones de controlarla e incluso dirigirla hacia donde más interese. Mediante la fermentación se obtienen alimentos, antibióticos y productos químicos.
- Biocatálisis. Esta técnica está en alza y tiene un amplio espectro de aplicaciones; por ejemplo, con biocatalizadores se obtienen alimentos y sustancias químicas. Los biosensores y algunos equipos de diagnóstico utilizan también biocatalizadores. Además, actualmente se aplican biocatalizadores para conseguir tecnologías más limpias en sectores como las industrias textil, papelera, de curtidos, etc.
- Biorremediación. En el tratamiento y reutilización de residuos se aplica cada vez más la biotecnología.
- De hecho, es el campo que presenta una gama más amplia de aplicaciones. Así, se utilizan métodos biotecnológicos en la detoxificación de tierras contaminadas por herbicidas, en el tratamiento de aguas residuales, en la recuperación de residuos industriales —por ejemplo, el suero de quesería o los residuos de celulosa—, etc.
- Ingeniería de procesos. Alrededor de las aplicaciones biotecnológicas se ha desarrollado una industria que aplica los métodos de la ingeniería química a los procesos biotecnológicos. Por ejemplo, encontramos la ingeniería de procesos en la filtración y pretratamiento de efluentes, reciclado de aguas, extracción de productos, recuperación de catalizadores y microorganismos, etc.²³⁰

²³⁰ Ídem.

La biotecnología también es utilizada en otras áreas aunque estas no sean tan conocidas por la gente como los alimentos transgénicos, la clonación o el uso de las células madre. Algunas de estas áreas son las siguientes²³¹:

- a. Generación de energía: en la actualidad la generación de energía está basada principalmente en el petróleo, el gas o el carbón. Todas ellas fuentes de energía no renovables y generalmente bastante contaminantes. La biotecnología se utiliza en la eliminación de sustancias tóxicas generadas durante la transformación de estas materias primas. Pero, además, la biotecnología puede ayudar a renovar estas fuentes de energía por otras mucho más respetuosas con el medio ambiente y totalmente renovables, como es el caso en la utilización de la biomasa y de los azúcares naturales para la producción de carburantes como el etanol o el biodiesel, por citar las más desarrolladas.
- b. Biocatálisis: multitud de procesos manufactureros se basan en reacciones químicas que requieren altas presiones y elevadas temperaturas. Las enzimas, tras sufrir miles de años de evolución, consiguen realizar muchas de esas transformaciones en condiciones mucho menos extremas y con una alta eficacia. Algunas de las enzimas más habituales en la industria son proteasas, celulasas, lipasas, catalasas y amilasas. Además de las enzimas y otros compuestos biocatalíticos, la biotecnología ha desarrollado microorganismos (bacterias, levaduras, etc.) especializados en ciertos procesos muy útiles en la industria.
- c. Nanotecnología: como su nombre indica consiste en generación de "máquinas", estructuras y "reactores" a escala nanomolar. A pesar de ser un campo muy reciente el potencial que presenta la nanotecnología es enorme. Además su combinación con la biotecnología, en especial con la

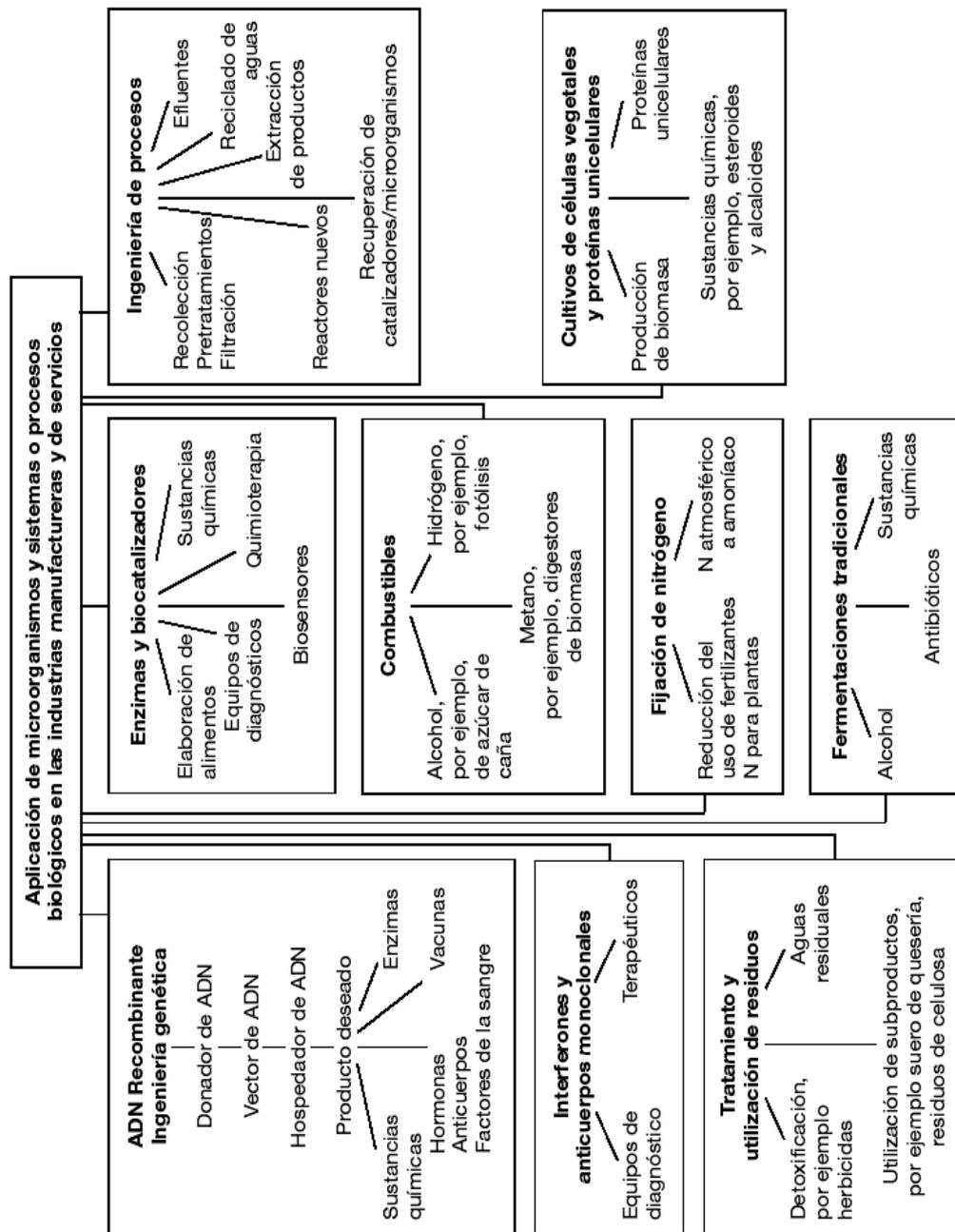
²³¹ AMGEN, "biotecnología para la salud", [en línea], Dirección URL: http://biotec.amgen.es/html/bio_ind.html, [consultado 12 de Noviembre de 2008]

genómica y la proteómica, puede generar herramientas impensables hasta hace poco.

- d. Biopolímeros: los polímeros que se utilizan en la actualidad derivan prácticamente en su totalidad del petróleo. En los últimos años se está avanzando mucho en la obtención de polímeros biodegradables, ya que estos se obtienen de plantas, microorganismos o incluso de algunos animales (como por ejemplo de las arañas)²³², por lo tanto podemos encontrar una amplia gama de áreas donde la biotecnología centra sus intereses como se detalla en el siguiente esquema:

²³² Ídem.

Gráfico 3.4 Áreas de Interés en Biotecnología



Fuente: Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL) Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la biotecnología en la industria, [en línea], p. 10, Octubre de 2003, Dirección URL: www.madrimasd.org/biotecnologia/Biblioteca/Procesos-Industriales/Downloads_GetFile.aspx?id=7846, [consultado: 15 de noviembre de 2008].

3.3.1 BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL

La biotecnología industrial, blanca o microbiología industrial es el uso de microorganismos cultivados a gran escala para producir productos comerciales valiosos o llevar a cabo transformaciones químicas importantes. En otras palabras hace referencia a la rama de la biotecnología enfocada a “optimizar los procesos industriales, buscando reemplazar a las tecnologías contaminantes por otras más limpias o amigables con el ambiente. Básicamente, emplea organismos vivos y enzimas para obtener productos más fáciles de degradar, y que requieran menos energía y generen menos desechos durante su producción”²³³.

La biotecnología dedicada a la industria es una categoría muy amplia y engloba muchos sectores industriales, incluyendo el sector químico, alimentos, medioambiente, energía, etc. Los sectores industriales son mecanismos de clasificación. Sus fronteras nunca están perfectamente definidas y cambian con el transcurso del tiempo.

La biotecnología industrial está caracterizada por la unidad entre las áreas de conocimiento que la componen tomando en consideración que agrupa a muchos sectores homogéneos y que estos comparten las mismas bases de conocimiento de las aportaciones y de los procedimientos empleados.

La utilización de biotecnología industrial en diversas áreas del sistema de producción se encuentra estrechamente vinculada con el hecho de mantener el desarrollo de los sectores industriales dentro de un contexto de sustentabilidad. Es en este sentido que se vuelve una tarea importante un cambio general de procesos que utilizan recursos no renovables hacia otros que utilizan recursos biológicos renovables.

²³³ ArgenBio. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de biotecnología. “Biotecnología blanca”, [en línea], Dirección URL: www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=199 [consultado Noviembre de 2008].

Es así como han surgido nuevas combinaciones de las ciencias sociales que encuentras su vínculo con la conservación del medio ambiente como son la bioeconomía en donde los impactos medioambientales buscan reducirse frente al desarrollo económico.

Debido a la aceptación creciente de la imposibilidad de continuar con las prácticas industriales actuales de contaminación y desecho parece claro que esta trayectoria puede ser seguida por todas las naciones industrializadas. De todos los campos investigados éste es hasta ahora en el que la implantación de la biotecnología ha sido más lenta. La conciencia de este potencial se ha incrementado recientemente, por ejemplo con Economist (2003) afirmando que “en este momento el uso principal de la biotecnología es en medicina y agricultura. Pero su mayor impacto a largo plazo es en el sector industrial”²³⁴

La biotecnología industrial, en la actualidad, se ocupa con gran éxito en diversos campos como²³⁵:

1. En la lucha contra la contaminación.
2. En la extracción de metales.
3. En la producción.
4. En la fabricación de plásticos.
5. En la industria farmacéutica.
 - producción de ácido ascórbico,
 - producción de penicilinas sintéticas,
 - fabricación de enzimas usadas en lugar de catalizadores convencionales por sus ventajas.

²³⁴ Dirección General de Universidades e Investigación Consejería de Educación Comunidad de Madrid “Biotecnología”. [en línea], Dirección URL: www.madrimasd.org, [consultado Noviembre de 2008].

²³⁵ Antonio Mussons; Jesús Villagrà; *Tecnología e Informática*, Barcelona, Carroggio, 1999. p. 94.

Los resultados del estudio demuestran que el empleo actual de la biotecnología industrial para producir sustancias químicas de base biológica ya reduce más de un 100% el consumo de energías no renovables y las emisiones de gases de efecto invernadero”.²³⁶

Entre los usos ventajosos de la biotecnología industrial encontramos los siguientes²³⁷:

- Las reacciones químicas efectuadas por microorganismos se realizan a temperatura biológica. Sin su ayuda es necesario calentar o enfriar las sustancias químicas que interviene en la reacción. Esto representa ahorro de energía y abarata el proceso de fabricación.
- Los microorganismos empujan enzimas biológicas que aceleran las reacciones. En cambio las sustancias químicas necesitan catalizadores que contaminan el medio ambiente.
- Las reacciones químicas producen sustancias que deben de ser desechos por procesos de purificación, lo cual no ocurre con los microorganismos.
- Las reacciones biológicas sólo necesitan agua para llevarse a cabo, las reacciones químicas necesitan disolventes orgánicos.

3.3.2. BIOTECNOLOGÍA BLANCA COMO UNA ALTERNATIVA PARA LA SOLUCIÓN DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES

La situación mundial actual hace comprender que una reconversión energética a corto plazo no es viable en términos económicos debido a los grandes intereses que existen entorno a los energéticos, que son recursos naturales finitos, pues, éstos son utilizados en toda la cadena productiva; por tal motivo es de entender el

²³⁶ La biotecnología industrial puede contribuir a frenar el cambio climático de Investigación, Biotecnología en: Biotecnología, [en línea], Dirección URL, <http://www.biotecnologica.com/la-biotecnologia-industrial-puede-contribuir-a-frenar-el-cambio-climatico/> (Consultado Noviembre de 2008)

²³⁷ Antonio Mussons; Jesús Villagrà; *Op. Cit.* pp. 93-94.

gran interés que existe tanto de los países productores de hidrocarburos como de los consumidores de éstos en seguir explotando las más de 250 cuencas petroleras mundiales, las cuales cuentan con alrededor de 50 mil yacimientos de petróleo y gas natural, aunado a ello se han proyectado 350 cuencas más en el *Anillo de petróleo*²³⁸, lugar donde se han ubicado 210 yacimientos gigantes²³⁹, de los 270, representando alrededor de 776.1 miles de millones de barriles²⁴⁰, encontrándose en las provincias petroleras²⁴¹ de dicho anillo petrolero²⁴².

Lo anterior indica que aún se evalúa la necesidad tanto de aumentar la producción de hidrocarburos como de seguir consumiéndolo, por lo tanto a futuro la demanda seguirá creciendo por varios factores entre los que destacan:

- El crecimiento demográfico de los países en vías de industrialización.
- El crecimiento económico de la región del sudeste asiático.
- El crecimiento constante de los países de Europa central y de la Comunidad de Estados Independientes, en especial Rusia, que desde 1999 ha mantenido tasas positivas de crecimiento.²⁴³

Basta con recordar que en el mundo se produce a diario la cantidad de 82 millones de barriles de petróleo crudo, 31 millones de barriles de gas natural, 43 millones de barriles equivalentes de carbón y 17 millones de barriles equivalentes de otras energías los cuales eran consumidos por las grandes potencias industriales y los

²³⁸ El *Anillo de petróleo* es una faja ovalada que se formó hace 180 millones de años que tiene una anchura de 800 a mil millas y contiene aproximadamente el 85% de los recursos mundiales de petróleo

²³⁹ Los yacimientos petrolíferos se clasifican en:

Yacimientos gigantes.- Donde se esperan recuperar 500 millones de barriles de hidrocarburos.

Yacimientos supergigantes.- Se estima que contiene por lo menos 5 billones de barriles de crudo recuperable.

Yacimientos combinados.- Los cuales contienen al menos 250 millones de barriles de crudo y gas natural disuelto.

²⁴⁰ Un barril, como unidad de volumen para el petróleo, equivale a 159 litros.

²⁴¹ Una provincia petrolera, también conocida como cuenca, es un grupo de yacimientos petroleros y de gas natural ubicados en el mismo ambiente geológico y relacionados entre sí.

²⁴² Cfr.: B. A. Sokolov (comp.), *Ekonomichiskoe aspekti neftegazaboi goeligi XXI Beka*, en Ugolnii i Neftenii Basseini b Rosii, Moscú, Moskva, 1995, p. 320. Citado por: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, pp. 67-69.

²⁴³ Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, p. 77.

países en vías de hacerlo, aunado a ello los viejos productores de petróleo, destacando Rusia, siguen utilizando infraestructura anticuada que reduce la producción de sus yacimientos; por lo tanto es indispensable considerar que la perspectiva al año 2020 es que la demanda aumentará en un 50% lo cual implica la producción de 131 millones de barriles diarios de petróleo crudo²⁴⁴, pero sobre todo es indispensable entender que los países petroleros, si bien dueños de los yacimientos, de no los hace ajenos a la necesidad del desarrollo de la tecnología para que su producción sea efectiva por ello no es de sorprender que México, China, Venezuela, Vietnam, Rusia y Cuba, entre otros se encuentren haciendo grandes inversiones, algunas de ellas extranjeras, que les permitan atender las demandas del mercado internacional de petróleo²⁴⁵.

En ese contexto la innovación y desarrollo tecnológico (I&DT)²⁴⁶ se hace presente, si bien no logrará, en una primera instancia, reducir o eliminar el uso de los hidrocarburos si permitirá hacer un mejor uso, racional y efectivo, de dicho recurso, así las relaciones de interdependencia entre países consumidores y productores²⁴⁷ de petróleo deberán de modificarse, y con ello la importancia que guarda el petróleo en las relaciones internacionales, a relaciones que involucren la venta y compra del conocimiento tecnológico. Este cambio es sustancial y puede entenderse en tres dimensiones:

²⁴⁴ Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, pp. 82-99.

²⁴⁵ Cfr.: *Ibidem*, p. 84.

²⁴⁶ Cuando se habla de tecnología se hace referencia al complejo de cosas: el saber hacer para obtener un producto, el equipo necesario, etc., por desarrollo tecnológico se entiende a las actividades relacionadas que buscan mejorar un saber-hacer que permitan incrementar la calidad de los productos obtenidos reduciendo sus costos de producción lo cual mejora la competitividad en el mercado y como innovación tecnológica hacemos referencia a la aplicación de los resultados de las investigaciones y desarrollos tecnológicos. Cfr.: Pablo Mulás del Pozo, Mesa redonda: "La tecnología elemento clave de competitividad", en el XXXIV Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., en: *Ingeniería Petrolera*, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., vol. XXXVI, no. 6, junio, México, 1996, p. 25.

²⁴⁷ Japón es un claro ejemplo de esta dependencia petrolera pues del total de hidrocarburos que consume diariamente el 98% lo importa, de este porcentaje el 85% proviene únicamente del Medio Oriente. Cfr.: Miguel García Reyes; Gerardo Ronquillo Jarillo, *Op. Cit.*, p. 80.

1. La dimensión de la amplitud, es decir, la inversión en I&DT que realice un empresa no solo mejorará el ambiente en beneficio de la empresa que lo genere sino a toda la población en general.
2. La dimensión del tiempo, hace referencia al potencial real que tiene la I&DT que se incrementa con el tiempo.
3. La dimensión de los intangibles, en ella se involucra el valor creado de conocimiento y de la experiencia adquirida.

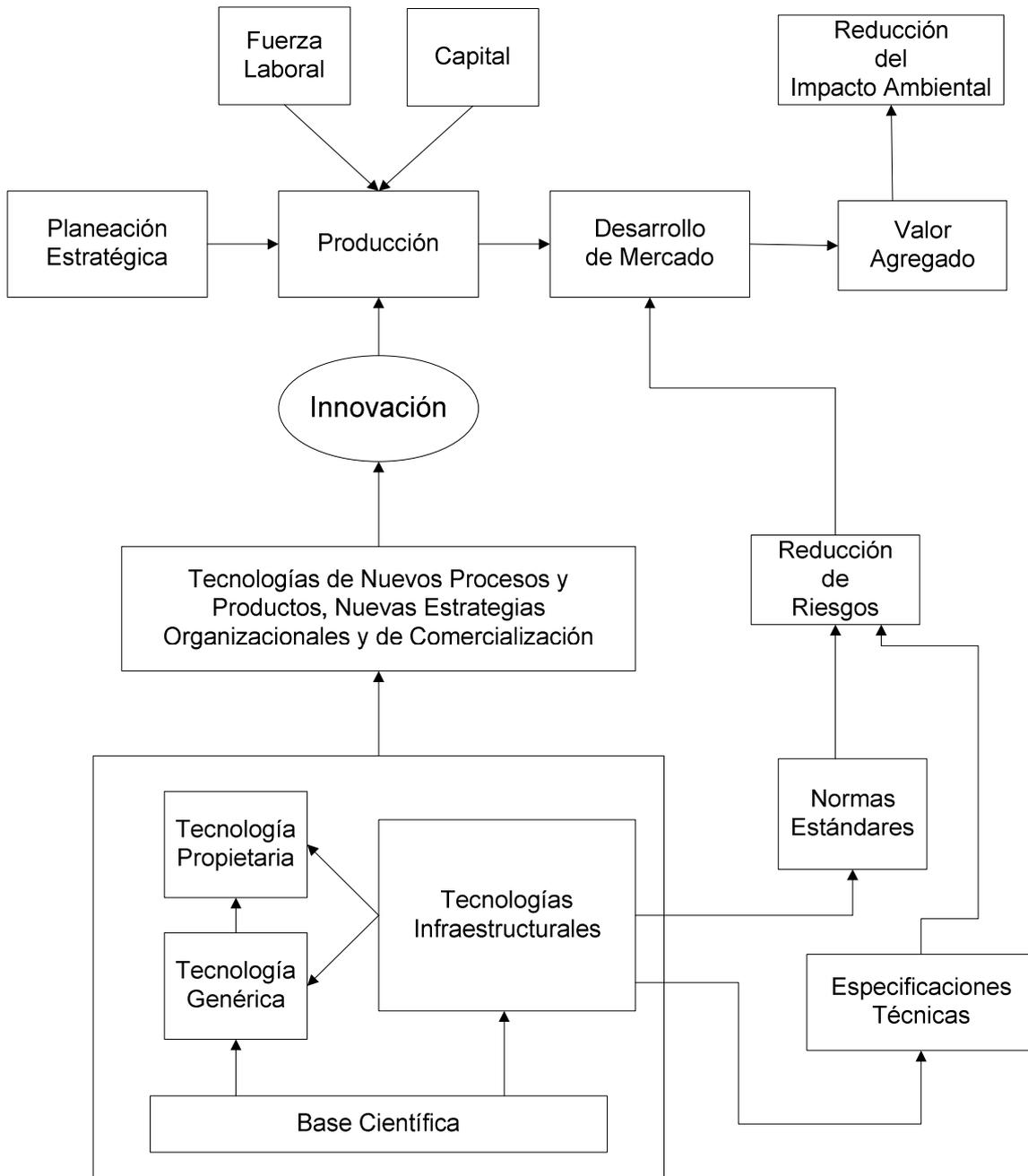
Las tres dimensiones en conjunto y en el escenario de una economía globalizada permiten la generación de nuevos productos y procesos que además de generar calidad y bajar costos de producción, ocasionan un perfeccionamiento generalizado tanto en el uso de las materias primas, el consumo del producto y su deshecho que al final será una acumulación de mejoras para el medio que rodea al ser humano. Si bien aún no se ha involucrado los aspectos de la I&DT de manera total a los análisis y proyecciones de los modelos económicos, estos apoyan a las estructuras de poder de manera innegable pues al incorporar los elementos científicos tecnológicos mediante normas, estándares y especificaciones técnicas se incrementan las capacidades industriales bajo tecnologías genéricas que se aplican a campos específicos y tecnologías de infraestructura que permiten llevar a cabo de manera eficiente las actividades económicas²⁴⁸, por ende se genera un crecimiento económico y un desarrollo social en el que el impacto ambiental se reduce de manera significativa.

Para ello es indispensable reconocer que “a pesar de las fricciones que induce el desarrollo tecnológica, las sociedades están obligadas a innovar para mejorar los niveles de vida de la población e incrementar la productividad de los factores de producción, capital y trabajo”²⁴⁹ como es posible observar en el siguiente modelo:

²⁴⁸ Cfr.: Pablo Mulás del Pozo, *Op. Cit.*, p. 28.

²⁴⁹ Francisco Barnés de Castro, *Op. Cit.*, p. 34.

Gráfico 3.5 Modelo de Crecimiento Económico Basado en Tecnología



Basado en: Pablo Mulás del Pozo; Mesa redonda: "La tecnología elemento clave de competitividad", en el XXXIV Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., en: *Ingeniería Petrolera*, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., vol. XXXVI, no. 6, junio, México, 1996, p. 32.

3.3.2.1. BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL APLICADA A LA INDUSTRIA PETROLERA

En la actualidad surge la necesidad de introducir nuevas tecnologías limpias de expansión globalizada en el procesamiento del petróleo, para la reducción de contaminantes y posteriormente lograr disminuir el consumo energético.

A medida que ha sido posible transformar genéticamente a los seres vivos y hacer intercambio de material genético entre especies, se han generado nuevas posibilidades de su uso, entre ellas la aplicación a la industria petrolera en función a la necesidad de introducir tecnologías limpias en el procesamiento del petróleo, reducir el consumo energético y disminuir la contaminación²⁵⁰

Es en este sentido que la industria petrolera hace uso de la biotecnología industrial, o blanca, dando origen a la biorremediación (*in situ*), biorrefinación, biopetroquímica y un último rubro que identificamos como posbiorremediación (*post*) que hace referencia al tratamiento de residuos contaminantes, que aunque se encuentre contenido como una segunda fase dentro de la biorremediación, la tratamos como otra fase debido a que se encuentra estructuralmente desfasada. De igual forma se aplican los usos de la biotecnología en la industria textil, en la creación de nuevos materiales, como plásticos biodegradables y en la producción de biocombustibles a partir de desechos. Su principal objetivo es la creación de productos fácilmente degradables, que consuman menos energía y generen menos desechos durante su producción. La biotecnología blanca tiende a consumir menos recursos que los procesos tradicionales utilizados para producir bienes industriales.²⁵¹

Es así que encuentra ya un amplio abanico de oportunidades pues puede ser utilizada en:

²⁵⁰ Cfr.: Gustavo Adolfo Chapela Catañares, *La investigación en el Instituto Mexicano de Petróleo*, México, IMP, 2002, p. 87

²⁵¹ Cfr.: Frazzetto, Giovanni, *Op. Cit.*

- prospección geomicrobiológica (exploración),
- la recuperación microbiana de petróleo (producción),
- el bioprocesamiento del petróleo (refinación),
- la bioconversión del petróleo y gas (petroquímica) y
- el daño por corrosión a infraestructura y líneas de producción generado por microorganismos (biocorrosión)²⁵²

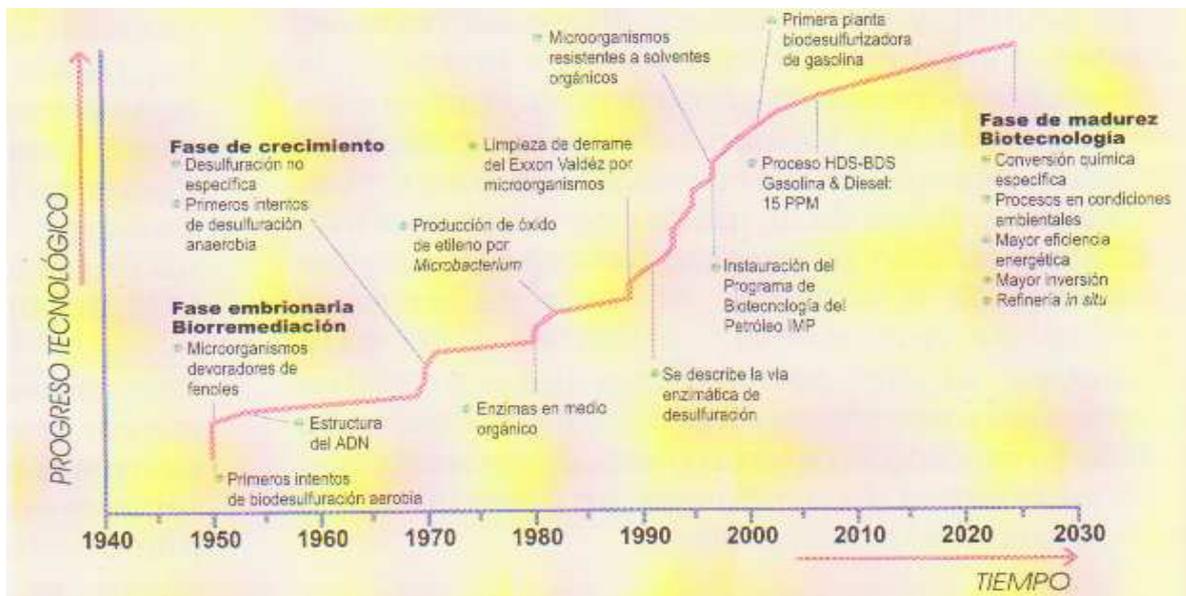
Los procesos anteriores hacen referencia al bioprocesamiento, que básicamente hace referencia a las aplicaciones biotecnológicas a los procesos de la industria, permite la disminución del impacto contaminante del petróleo a través de una serie de procesos como son la remoción biológica de azufre por bacterias; la remoción de metales por enzimas y la transformación de asfáltenos en crudo mas ligeros por acción biológica²⁵³..

Para llegar a este punto la biotecnología industrial se ha desarrollado a través del tiempo, siendo el derrame del Exxon Valdez la primera ocasión en la que se utilizaron microorganismos para la limpieza de la zona dañada y a partir del cual se dio un *boom* en el uso de la biotecnología en los procesos de la industria petrolera, no obstante aún queda mucho por avanzar y, sobre todo, es indispensable que esta nueva tecnología sea utilizada de manera constante para que se llegue a una verdadera etapa de madurez en el desarrollo de la biotecnología del petróleo como se muestra en la siguiente gráfica:

²⁵² Instituto Mexicano del Petróleo; *Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025*, México, IMP, 2001, p. 138.

²⁵³ Gustavo Adolfo Chapela Catañares, *Op. Cit.*, p. 87

Gráfica 3.6 Desarrollo de la biotecnología del petróleo



Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo; *Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025*, IMP, México, 2001, p. 138.

Si se llegara a dicha fase de madurez no sólo la industria petrolera estaría trabajando en pro de los intereses económicos que representa, al mismo tiempo se comprometería con las regulaciones ambientales permitiendo con ello que sus productos o derivados además de ser eficientes y contar con un amplio valor agregado, por su calidad y respeto al ambiente, permitirían que otras ramas de la biotecnología encontraran alternativas energéticas viables a los agentes económicos y las necesidades humanas. Si bien la biotecnología se utiliza en todo el proceso industrial del petróleo, solo remitiremos nuestro estudio a tres grandes bloques del proceso industrial petrolero la biorremediación, la biorrefinación y la biopetroquímica, por ser los más avanzados en sus investigaciones y aplicaciones, esto debido a que la prospección geomicrobiológica, aún se encuentra en un esta lento de crecimiento y aplicación al igual que la recuperación de petróleo por vía microbiana, en la que se utilizan los microorganismos que generan metabolitos que permiten la liberación del petróleo de los yacimientos, sin embargo estamos consientes de la importancia que tiene estos procesos y esperamos que su desarrollo sea pronto para que toda la cadena de la industria petrolera pueda ocupar dichos avances tecnológicos.

3.3.2.1.1. BIORREMEDIACIÓN

La biorremediación es utilizada para el tratamiento de efluentes, aguas residuales y sitios contaminados con hidrocarburos o subproductos petroleros. También se ha empezado a utilizar la biorremoción de compuestos orgánicos tóxicos o desagradables, por medio de bacterias presentes en un filtro cuya actividad metabólica transforma y/o elimina estos compuestos.

La biorremediación de suelos contaminados con petróleo fue desarrollada para limpiar o disminuir la cantidad de contaminantes; en este caso hidrocarburos de diferentes grados de toxicidad, que se encuentran presentes en el suelo o en el mar en el caso de un derrame petrolero. Existe una gran variedad de metodologías biológicas que se utilizan con dicho propósito, sin embargo todas están basadas en la capacidad de los microorganismos de biotransformar compuestos orgánicos, por lo general hacia productos menos tóxicos o de mayor facilidad de degradación.²⁵⁴

En este contexto surgen diversas áreas de interés debido a que existe una preocupación por la conservación del ambiente. Por un lado se presenta el biotratamiento, que utiliza procesos de la biorremediación de suelos, o del tratamiento biológico de aguas que evitan que los efluentes de la industria contaminen fuentes de agua. En segundo lugar, se hace uso del bioprocesamiento del petróleo, que se le atribuye un gran potencial por ser novedoso. El bioprocesamiento del petróleo se enfoca a la remoción de compuestos azufrados, con nitrógeno o metales, pues su presencia dificulta el procesamiento, por envenenamiento de catalizadores, o la contaminación que genera se considera inaceptable, como es la lluvia ácida y los altos contenidos de azufre.²⁵⁵

²⁵⁴ Cfr.: Gustavo Adolfo Chapela Catañares, *Op. Cit.*, p. 88

²⁵⁵ Idem.

En el caso de la posbiorremediación, como la identificamos, se trata de un proceso que se genera después de que ocurre este tipo de accidentes fuera del área en que se llevan a cabo los procesos industriales petroleros.

La biorremediación fue usada en una forma no refinada durante muchos años por la industria petrolera de los Estados Unidos, posteriormente fue entendida de una manera científica. En un principio era entendido de una manera empírico por parte de los operadores de las refinerías del petróleo, quienes desecharon los lodos de los separadores tipo API (Instituto Americano del Petróleo) y otros residuos aceitosos en forma de una capa delgada sobre la parte superior del suelo en un sitio próximo a la refinería. Se dieron cuenta que estos residuos desaparecían durante el curso de varios meses. Previo a una mayor regulación y estricto control, esta técnica, llamada "*land farming*" (granjeo) fue ampliamente usada sin comprender los procesos que causaban la degradación de los lodos.²⁵⁶

Científicos académicos e industriales determinaron que algunos microorganismos, sobre todo algunas bacterias, podían utilizar los hidrocarburos del petróleo como alimento y fuente de energía. A la postre, algunas investigaciones demostraron que estos microorganismos eran los principales responsables de la descomposición de aceites en el suelo de los "*land farm*". Durante la biodegradación de los hidrocarburos del petróleo las bacterias oxidan el petróleo a dióxido de carbono, agua y energía, y aproximadamente 50% del carbono en el petróleo es usado para biomasa bacteriana.²⁵⁷ Algunos de los hidrocarburos son muy resistentes, especialmente los hidrocarburos poliaromáticos (HPAs), los

²⁵⁶ Cfr.: King, R.B, et. al., *Practical environmental bioremediation*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1992. en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., "Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].

²⁵⁷ Cfr.: Sharabi, N.E.-D.; R. Bartha, "Testing some assumptions about biodegradability in soil as measured by carbon dioxide evolution". *Appl. Environ. Microbiol*, núm. 59 pp. 1201-1205 en: Randy H. Adams Schroeder (et. al.), *Op. Cit.*, p. 162.

cuales no son utilizados totalmente, pero pueden ser oxidados parcialmente e incorporados en el material húmico del suelo.²⁵⁸

Subsecuentemente, se hicieron investigaciones para determinar las condiciones óptimas de biodegradación para reproducir estas condiciones en el campo, y así acelerar el proceso de “*land farming*”. Se descubrió la necesidad de mantener el suelo muy húmedo (aproximadamente de 50 a 75 % de la capacidad de campo), para mantener el contenido de humedad en las células bacterianas. También se descubrió que es muy importante mantener el suelo en condiciones aeróbicas, porque la transformación de los hidrocarburos del petróleo en condiciones anaeróbicas es muy lenta o algunas veces inexistente²⁵⁹

De igual modo, la adición de nutrimentos inorgánicos, especialmente nitrógeno y fósforo establecen en gran medida un estímulo para la biorremediación. Esto se debe a que los hidrocarburos de petróleo son casi exclusivamente hidrógeno y carbón, por lo que contienen muy pocas cantidades de otros elementos esenciales para las células bacterianas, como son nitrógeno, fósforo, potasio y algunos minerales traza²⁶⁰. La mayoría de estos descubrimientos sobre el metabolismo de la biodegradación de hidrocarburos fueron realizados en laboratorios académicos.

Posteriormente, ingenieros y otros profesionistas trabajando en la industria petrolera misma, así como en empresas dedicadas a la restauración ambiental, implementaron estos descubrimientos en el campo. La gran parte de los diseños usaron el esquema de los primeros “*land farm*” pero con más control. Usaron membranas plásticas abajo de la celda para no contaminar el suelo nativo e

²⁵⁸ Cfr.: Atlas, R.M., “Biodegradation of hydrocarbons in the environment”. 1986, pp. 211-222. en: G.S. Omen (coord.), *Environmental biotechnology, reducing risks from environmental chemicals through biotechnology*, Nueva York, Plenum Press, en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., Op cit. p. 161-162

²⁵⁹ Cfr.: Gibson, D.T.; V. Subramaina. *Microbial degradation of aromatic hydrocarbons*. pp. 52-83. In: D.T. Gibson (ed.). *Microbial degradation of organic compounds*, Nueva York, Marcel Dekker, Inc., 1984, en: Randy H. Adams Schroeder, et. Al. Op cit. p.162

²⁶⁰ Luria, S.E., *Data for a bacterium, Escherichia coli*, 1960, pp. 5-35. en: I.C. Gunsalus; R.Y. Stainer (coords.). *The Bacteria*. vol. 1, cap. 1, Nueva York, Academic Press, en: idem.

implementaron un sistema de drenaje para mantener condiciones aerobias y recuperar los lixiviados. Por lo general, se usaron tractores para remover el suelo contaminado y airearlo. Los nutrimentos se agregaron a la celda en forma de polvo o soluciones que después se incorporaban al suelo contaminado, usando la misma remoción del tractor.

En esencia, los tratamientos de suelo más importantes en el proceso de bioremediación *in situ* son:

Bioventing es el tratamiento *in situ* más común y supone el suministro de aire y nutrientes a través de pozos a suelo contaminados para estimular a las bacterias endógenas. *Bioventing* emplea bajas tasas de flujo de aire y proporciona sólo la cantidad de oxígeno necesaria para la biodegradación en tanto reduce la volatilización y la liberación de contaminantes a la atmósfera. Trabaja para hidrocarburos simples y pueden ser utilizado donde la contaminación es se encuentra a una gran profundidad bajo la superficie.

La biodegradación In situ implica el suministro de oxígeno y nutrientes por medio de la circulación de soluciones acuosas a través de los suelos contaminados para estimular las bacterias de origen natural para degradar los contaminantes orgánicos. Se puede utilizar para suelos y aguas subterráneas. Generalmente, esta técnica incluye condiciones tales como la infiltración de agua que contienen nutrientes y oxígeno u otros aceptores de electrones para el tratamiento de las aguas subterráneas.

Biosparging. *Biosparging* implica la inyección de aire a presión por debajo de la capa freática para aumentar la concentración de oxígeno en las aguas subterráneas y aumentar la tasa de la degradación biológica de los contaminantes por medio de bacterias de origen natural. *Biosparging* aumenta la mezcla en la zona saturada y, por tanto, aumenta el contacto entre el suelo y las aguas subterráneas. La facilidad y el bajo coste de la instalación de inyección de aire de

diámetro pequeño, permite una gran flexibilidad en el diseño y construcción del sistema.

Bioaugmentation. Biorremediación con frecuencia implica la adición de microorganismos endógenos o exógenos a los sitios contaminados. Dos factores limitan el uso de cultivos microbianos añadidos en una unidad de tratamiento de tierra: 1) las culturas no nativas rara vez compiten suficientemente bien con una población nativa para desarrollar y sostener los niveles de población útil y; 2) la mayoría de los suelos con exposición a residuos biodegradables a largo plazo, tienen microorganismos nativos que son eficaces degradadores si la unidad de tratamiento de tierra está bien administrada²⁶¹.

Y en cuanto a la biorremediación ex situ son las siguientes. Estas técnicas comprenden la excavación o remoción de los suelos contaminados desde el suelo:

Landfarming es una técnica sencilla en la que se excava la tierra contaminada y extendida sobre una larga cama preparada y periódicamente cultivada hasta que los contaminantes son degradados. El objetivo es estimular microorganismos biodegradables nativos y facilitar su degradación aeróbica de los contaminantes. En general, la práctica se limita al tratamiento superficial de 10-35 cm de tierra. Desde que *landfarming* tiene el potencial de reducir los costes de mantenimiento y vigilancia, así como las obligaciones de limpieza, ha recibido mucha atención como una alternativa de eliminación.

Composting. Es una técnica que implica la combinación de suelos contaminados con orgánicos no peligrosos tales como el estiércol o residuos agrícolas. La presencia de estos materiales orgánicos, sirven de soporte para desarrollo de una rica población microbiana y características de temperatura elevada del

²⁶¹ Cfr.: M. Vidali, "Bioremediation. An overview, Pure Appl. Chem.", Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica, e Analitica, Università di Padova Vol. 73, No. 7, 2001, pp. 1167-1168

composting.

Biopiles. Son un híbrido de *landfarming* y *composting*. Básicamente, las células modificadas y creadas mediante la ingeniería se construyen como pilotes gaseosos compostados. Suelen ser utilizadas para el tratamiento de la contaminación de la superficie con hidrocarburos de petróleo, son una versión refinada de *landfarming* que tienden a controlar las pérdidas físicas de los contaminantes por medio de la lixiviación y volatilización. Los *biopiles* proporcionan un ambiente favorable para los microorganismos nativos aeróbicos y anaeróbicos.

Biorreactores. Reactores acuosos o coloidales que se utilizan para el tratamiento ex-situ de terrenos contaminados y el agua bombeada desde un penacho²⁶² de contaminación. La biorremediación en reactores implica el procesamiento de materiales sólidos contaminados (suelo, sedimentos, lodo) o el agua a través de un sistema de contención de ingeniería. Un biorreactor coloidal puede definirse como un aparato y recipiente de contención utilizado para crear una condición de mezcla a través de un proceso en tres fases (sólido, líquido y gas), para aumentar la tasa de biorremediación de contaminantes solubles en agua y del suelo envolvente como los compuestos acuosos de los suelos contaminados y la biomasa capaz de degradar contaminantes que hayan sido proyectados como un blanco. En general, el ritmo y el alcance de la biodegradación son mayores en un sistema de biorreactor que en sistemas in situ o de fase sólida, debido a que el entorno contenido es más manejable y por lo tanto, más controlable y predecible. A pesar de las ventajas de los sistemas de reactores, hay algunos inconvenientes. El suelo contaminado requiere tratamiento previo (por ejemplo, la excavación) o, alternativamente, el contaminante puede ser despojado de la tierra a través de lavado de suelos o la extracción física (por ejemplo, extracción al vacío), antes de ser colocado en un biorreactor.²⁶³

²⁶² Masa de aire sobresaturado de vapor de agua y que contiene a menudo contaminantes sólidos, líquidos o gaseosos, vertida a la atmósfera por una chimenea.

²⁶³ Cfr.: M. Vidali Bioremediation, *Op. Cit.* pp. 1168–1169 (traducción libre)

En la siguiente tabla es posible identificar algunas de las principales bacterias utilizadas en la biorremediación y sus funciones.

Cuadro 3.7 Bacterias utilizadas en los procesos de biorremediación			
	Descripción	Ejemplos	Características
<i>Aerobic</i>	En la presencia de oxígeno	Ejemplos de bacterias reconocidas por su capacidad de degradar: <i>Pseudomonas</i> , <i>Alcaligenes</i> , <i>Sphingomonas</i> , <i>Rhodococcus</i> , y <i>Mycobacterium</i> .	Estos microbios a menudo se han reportado por degradar los pesticidas y hidrocarburos, tanto alcanos y compuestos poliaromáticos. Muchas de estas bacterias utilizan los contaminantes como la única fuente de carbono y energía.
<i>Anaerobic.</i>	En la ausencia de oxígeno	Las bacterias anaeróbicas no son tan utilizadas como las aeróbicas. Hay un creciente interés en las bacterias anaerobias utilizadas para la biorremediación de los policlorobifenilos (PCB) en los sedimentos de ríos, de cloración de solventes tricloroetileno (TCE), y cloroformo.	
<i>Ligninolytic fungi.</i>		Incluye hongos tales como el hongo blanco descompuesto <i>Phanaerochaete chrysosporium</i>	Tiene la capacidad de degradar una amplia gama de contaminantes persistentes o contaminantes ambientales tóxicos. Sustratos comunes utilizados incluyen la paja, aserrín, o mazorcas de maíz.
<i>Methylotrophs.</i>	Bacterias aeróbica que crece utilizando metano de carbono y energía.	Las primeras enzimas en la vía para la degradación aeróbica, el metano monooxigenasa, dispone de una amplia gama de sustratos y es activo contra una amplia gama de compuestos, incluyendo los alifáticos clorados tricloroetileno y 1,2-dicloroetano.	

Elaboración propia basada en: M. Vidali, Bioremediation. An overview, Pure Appl. Chem. Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica, e Analitica, Università di Padova, Vol. 73, No. 7, pp. 1163–1172, 2001. (Traducción Libre).

La biorremediación se convierte de este modo en un método especialmente atractivo de restauración por varias razones:

- 1) usualmente es mucho menos costosa que las tecnologías alternativas,
- 2) es natural y normalmente no requiere el uso de agentes químicos (como solventes o detergentes),
- 3) puede ser llevada a cabo sobre el terreno, a menudo sin causar un grave trastorno en las actividades normales. En este sentido puede transformar los contaminantes a productos no peligrosos, o los destruye completamente, en lugar de simplemente transferirlos a una fase diferente o a otra localidad (tal como se hace con volatilización y rellenos industriales). Esta tecnología también tiene un gran potencial para restauración en el trópico mexicano, debido a su aspecto biológico, que se favorece fuertemente en condiciones calurosas y húmedas.²⁶⁴

Es importante mencionar que la biotecnología ambiental se ha transformado en uno de los más grandes complementos de la biorremediación. Si bien no es un campo nuevo, los desarrollos de la biología, la ecología y la ingeniería ambiental nos ofrecen oportunidades para modificar organismos y contar con procesos realmente eficientes para degradar compuestos químicos complejos y tratar volúmenes más grandes de residuos.

El hecho de existir una mayor conciencia ecológica convierte a la actividad ecológica en centro de interés, para el cumplimiento de normas y regulaciones en materia ambiental, y así tratar emisiones y sustancias residuales generadas por diversos procesos y la restauración de los sitios que han sido dañados.

²⁶⁴ Cfr.: Brock, T.D., et. al., *Biology of microorganisms*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 7th ed. Prentice Hall, 1994 en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., Op. cit. p.167

La biorremediación observa gracias a ello un gran desarrollo en su actividad *ex situ*, que será reemplazada por las biotecnologías de biorremediación *in situ*, utilizando plantas (fitorremediación), polímeros microbianos para frenar la migración de contaminación a sitios de alto riesgo. Mientras tanto la biotecnología agrícola y marina contribuirán a desarrollar combustibles limpios de alta capacidad que no comprometan la capacidad alimentaria²⁶⁵.

3.3.2.1.2. BIORREFINACIÓN

La biorrefinación tiene como objetivo la transformación del petróleo y del gas natural por medio de biotecnologías para darles un valor agregado que permita un desarrollo sostenido, sustentable y respetuoso del medio ambiente. Asimismo se encarga de cubrir diversas necesidades que la refinación tradicional no puede llevar a cabo, debido a los altos costos de inversión y operación.

Los compuestos organoazufrados, nitrogenados y los metales representan los constituyentes del petróleo que contribuyen a la contaminación ambiental, la lluvia ácida, la corrosión y el envenenamiento en catalizadores, por ello las investigaciones biotecnológicas se han dirigido a la reducción del contenido de estas sustancias y con ello obtener compuestos de menor peso molecular, traducidos en un petróleo ligero fácilmente procesable y de mayor valor.²⁶⁶

El área de la biorrefinación en la actualidad está poco avanzada a comparación de la biorremediación por lo que aun existen retos que se deben de afrontar en los próximos años. No obstante, en algunas regiones en el mundo se han encontrado aplicaciones exitosas; sin embargo, México se encuentra atrasado en los siguientes aspectos:

1. alta viscosidad del crudo que limita la transferencia de masa,

²⁶⁵ Cfr.: Instituto Mexicano del Petróleo, *Op. Cit.*, pp. 140-142.

²⁶⁶ *Ibidem*, p. 139.

2. baja interacción entre biocatalizadores y los componentes del petróleo,
3. baja compatibilidad de biocatalizadores con los procesos petroleros,
4. alta necesidad de agua/crudo para efectuar el bioprocesamiento,
5. escalamiento de los bioprocesos al volumen de crudo tratado diariamente,
6. tratamiento in situ del petróleo para la generación de derivados,
7. bajo conocimientos de los componentes del petróleo y sus propiedades,
8. desconocimientos del destino de los componentes y productos del petróleo en su línea de proceso.
9. baja factibilidad técnico-económico actual del bioprocesamiento,
10. estandarización de los procesos analíticos,
11. falta de esfuerzo conjunto entre centro de investigación y la industria petrolera²⁶⁷.

3.3.2.1.3. BIOPETROQUÍMICA

A partir de lo anterior surge la biopetroquímica que tiene como objetivo la transformación de gas natural (GLP), destilados y aceites residuales de refinería por medio de biotecnologías limpias. Los procesos biológicos permiten la obtención de unidades estructurales y/o materiales con cero efluentes y bajos requerimientos energéticos²⁶⁸.

Del mismo modo, las actividades relacionadas a la biopetroquímica aun se encuentran tempranas en su práctica. Por lo tanto, es indispensable que en los próximos años superemos los siguientes puntos.

1. desarrollo de tecnologías para procesar gases (bióxido de carbono, butano, etano, metano) en unidades estructurales de alto valor,

²⁶⁷ *Ibidem*, p. 143.

²⁶⁸ *Ibidem*, p. 139.

2. desarrollo de nuevos petroquímicos, materiales y aditivos,
3. desarrollo de tecnologías que permitan la separación de los petroquímicos obtenidos,
4. acoplamiento de los procesos convencionales del sector petrolero con los procesos biológicos.²⁶⁹

Todo lo anterior es posible observarlo en el cuadro 3.8, donde se marcan metas realistas y viables para solucionar dichos retos y así poder lograr que las investigaciones y el desarrollo de la biorrefinación y biopetroquímica puedan ser utilizados de manera regular y efectiva.

Cuadro 3.8 Metas de la Biotecnología del petróleo

	Cercano plazo 2000-2005	Mediano plazo 2010	Largo plazo 2025
Biorrefinación	Desarrollo de sensores y control en línea del proceso		
	Estandarización de métodos analíticos		Biorrefinación en yacimiento, refinería y estaciones de servicio
	Reducción de la viscosidad del crudo	Procesos convencionales y biotecnológicos acoplados	
	Desarrollo de procesos biológicos selectivos que funcionen a baja Aw, alta temperatura, presión e hidrofobicidad		
	Identificar componentes del petróleo y propiedades de las fracciones	Conversión de petróleo pesado a ligero	Biopetroquímicos y biomateriales en el mercado
Biopetroquímica	Catalizadores miméticos de enzimas		
	Desarrollo de biotecnología para procesar gases	Reconocimiento y ensamblado molecular: nanotecnología	
	Obtención de unidades estructurales a partir de fuentes fósiles y renovables		

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo; Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025, IMP, México, 2001, p. 144.

3.4. DESARROLLO DE LA BIOTECNOLOGÍA A NIVEL MUNDIAL

Es necesario considerar que la innovación tecnológica es el factor que en el mundo actual conforma las relaciones sociales y, por ende, de poder; por lo tanto el fenómeno tecnológico se convierte en un elemento explicativo de la realidad

²⁶⁹ *Ibidem*, p. 143.

internacional y estratégico en el equilibrio de poder de las potencias mundiales y los Estados emergentes. Vivimos en momentos de transformaciones de las estructuras políticas y económicas que obligan a una reconceptualización, las cuales canalizan recursos para la investigación y al mismo tiempo marcan la pauta que los sistemas jurídicos deben de actualizar para dar respaldos o proteger bajo los sistemas de la propiedad intelectual redefinir la actuación del estado en la promoción del desarrollo científico-tecnológico, lo cual altera las prioridades y competencias de la actuación de los Estados en pro de la búsqueda de la hegemonía dentro del mercado mundial.

Dicho contexto muestra la competencia económica y las fricciones comerciales en las que estamos inmersos, por lo que la tecnología industrial de punta, y sus innovaciones, han adquirido una importancia estratégica para los agentes económicos mundiales y ello las convierte en nodos de las relaciones económicas internacionales.

Es así que dichos intereses determinan la actuación estatal y la orientación del desarrollo científico tecnológico que existe en cada Estado; por lo cual la cooperación internacional y la transferencia de tecnología son pivotes no sólo del proceso económico sino del modo propio de actuar de la operación estatal en el rubro de la ciencia y la tecnología; por ello podemos aseverar que el desarrollo tecnológico y científico se encuentra enmarcado por el desarrollo económico y social de cada Estado.

Dichas circunstancias han perneado a la biotecnología pues responde a un sin fin de intereses económicos y políticos que involucran métodos de gestión y desarrollo que involucran centros de investigación y desarrollo biotecnológico.

3.4.1. LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES DESARROLLADOS

Existen tres modelos bajo la perspectiva de los países desarrollados: el de Estados Unidos, la Unión Europea y Japón los cuales presentan las siguientes características:

Cuadro 3.9 Modelos de apoyo al desarrollo de la Biotecnología

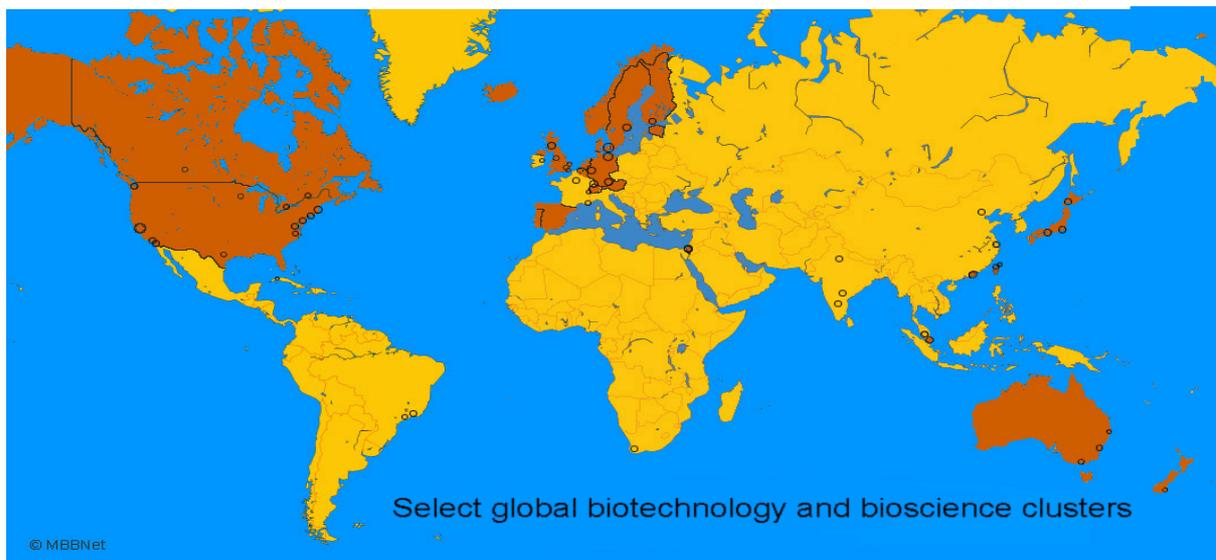
Estados unidos	Unión Europea	Japón
<ul style="list-style-type: none"> -Programas nacionales de ciencia y tecnología. -Reformas para facilitar la innovación. -Financiamiento. -Ampliación del presupuesto público. 	<ul style="list-style-type: none"> -Construcción de agencias nacionales para la innovación- -Promoción en la colaboración entre industrias y universidades. -Aumento del presupuesto público, incentivos y subsidios para investigación y desarrollo. -Creación de programas para aplicación, difusión y desarrollo de tecnología -implementación de cooperación regional. 	<ul style="list-style-type: none"> -Implementación de una política educativa. -Establecimiento de una política industrial. -Diseño de políticas de investigación. -Formulación de estructuras de cooperación. -Apoyos financieros.
<p>Medidas claves emprendidas por los tres modelos:</p> <ul style="list-style-type: none"> Programas en materia de ciencia y tecnología relacionados con programas industriales a niveles nacionales. Creación de bases científicas y tecnológicas bajo sistemas de investigación y desarrollo tecnológico endógeno o en función de necesidades nacionales. Fomento a la innovación gracias a reformas estatales que eliminen obstáculos y permitan la cooperación. 		

Elaboración propia basado en: Juan Carlos Álvarez Chavira; "El desarrollo de la biotecnología y sus implicaciones político-económicas para los países en desarrollo", Tesis para obtener el grado de licenciado en Relaciones Internacionales, UNAM, FCPyS, México, 1992, pp. 47-50

Si bien no presentamos el modelo de todos los países, es posible observar que la biotecnología impulsa la posición competitiva de los países desarrollados en los mercados internacionales; ello gracias a su prioridad nacional en programas y estrategias que permitan el desarrollo y crecimiento económico e industrial (revisar cuadro anterior). Aunado a lo anterior es necesario considerar las alianzas estratégicas de Universidades, industrias y empresas de la rama biotecnológica que integran y aplican la biotecnología de punta permitiendo con ello mantener

posiciones en la nueva configuración del escenario económico internacional, como lo muestra la imagen siguiente, mapa 3.10., donde podemos observar que los países con más alianzas en investigación sobre biotecnología han concentrado sus centros de investigación en su territorio polarizando el estudio y aplicación de ésta.

Mapa 3.10 Ubicación de centros de investigación de Biotecnología y sus monopolios



Fuente: Minnesota Partnership for Biotechnology and Medical Genomics, Select global biotechnology and bioscience clusters, Universidad de Minesota, 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.mbbnet.umn.edu/scmap/biotechmap.html>, [consultado: 16 de Junio de 2008].

Dicho escenario esta inmerso en el proceso de la globalización en el que la economía mundial crece lentamente, existe una lucha por la competitividad y una alta especialización por parte de empresas trasnacionales, quienes aportan grandes cantidades de capital para estimular tanto la continua innovación como la creación de marcos jurídicos, basados en los sistemas de propiedad intelectual, que den respaldo a las investigaciones y su consecuente desarrollo; por ello es que la biotecnología es un nodo en el paradigma del sistema productivo y por consiguiente de su tecnología posibilitando la creación de empresas especializadas y estrategias que permitieran obtener capacidad científica y financiera propia de dichas empresas y por consiguiente alianzas, también

conocidas como joint venture o emprendimientos conjuntos que permitieron el control de las pequeñas empresas por las grandes trasnacionales como:

- Internacional Níkel
- Dow Chemicals
- Shering Plough
- Ceba Geigi
- Genetech
- Eli Lilly
- Sandoz
- Orfan
- IFI
- Bristol Meyers
- Dupont
- Novartis
- Hoescht
- Monsanto²⁷⁰

Todas las cuales abarcan una gran cantidad de actividades desde la investigación hasta la comercialización y debido a ello es que también se considera a la biotecnología como una actividad transectoerial la cual concentra e internacionaliza ramas industriales como la química, la del petróleo, la farmacéutica y la agroalimentaria; obligando con ello a que los Estados se adapten a la nueva situación mundial mediante políticas, fomentos y mecanismos para lograr un crecimiento económico y un desarrollo social estableciendo un avance científico y tecnológico.

No obstante los países en desarrollo han quedado subordinados a los grandes centros de desarrollo científico tecnológico por su incapacidad de crear la infraestructura necesaria y sólida, además de su escaso grado de industrialización lo cual ha fracturado de manera estructural su capacidad de adaptación no sólo al desarrollo social y crecimiento económico que la polarización de la economía internacional ha generado.

²⁷⁰ Estas últimas cuatro eran gigantes de la era industrial petroquímica pero tomaron la decisión de vender y cerrar sus centros de producción química y dedicarse al desarrollo de investigación genética. En: Jeremy Rifkin; *Op. Cit.* p. 12.

3.4.2. LA BIOTECNOLOGÍA EN LOS PAÍSES EN VÍAS DE DESARROLLO

Sin embargo países del sudeste asiático y algunos de América Latina como México, Brasil, Argentina y Cuba han logrado concretar ciertos proyectos gracias a mecanismos de cooperación regionales como el Centro Internacional de Ingeniería Genética y de Biotecnología²⁷¹ que depende de la Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial y que además organiza conferencias y reuniones sobre el tema sobresaliendo la Conferencia Global de Biotecnología en 2004 en la Universidad de Concepción en Chile de la cual se destacaron los siguientes:

1. Formación de un Foro con actores relevantes, incluyendo agencias especializadas de las Naciones Unidas y otros organismos internacionales junto a representantes de gobiernos, de la industria y de la comunidad científica, para que sirva como una plataforma de diálogo informado sobre la biotecnología y la vía por medio de la cual sus beneficios puedan ser usados para el fortalecimiento de los países en desarrollo.
2. Creación de una red de información y un banco de datos que reúnan todas aquellas actividades en biotecnología que se encuentren en desarrollo en los países con economías en transición y en los países en desarrollo, junto con información de mercado de alcance global para determinar potenciales iniciativas en materia tecnológica y de mercados, a fin de identificar y facilitar la formación de alianzas.
3. Fortalecer los esfuerzos tendientes a la movilización de recursos para la construcción de capacidades.

²⁷¹ El Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB) es un centro de investigación de excelencia en plena actividad desde 1987, que pertenece al sistema de centros de Naciones Unidas, y está formado por dos secciones distintas, una ubicada en Trieste, Italia, la otra en Nueva Delhi, India. El ICGEB es financiado principalmente con fondos del Gobierno Italiano, y también con contribuciones de países miembros, y uno de los papeles más importantes ha sido brindar apoyo al desarrollo pacífico de la Ingeniería Genética y de la Biotecnología en los países del Tercer Mundo. En: Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB), [en línea], Dirección URL: http://www.mincyt.gov.ar/coopinter_archivos/multilateral/icgeb.htm. [consultado: 4 Noviembre de 2008]

4. Examen y revisión del impacto y de las vías para facilitar el acceso a la propiedad intelectual con el fin de promover la explotación y difusión de la biotecnología en los países en desarrollo.²⁷²

Así es posible encontrar limitaciones que detiene y hacen visible la escasez de la incipiente industria de la biotecnología, como lo son²⁷³:

1. Falta de políticas en la materia.
2. Poca vinculación de los sectores públicos y privados para el desarrollo de estrategias.
3. Poca participación en proyectos de innovación.
4. Cuerpo científico y tecnológico escaso para producir tecnología de punta.
5. falta de recursos monetarios, material y humanos.
6. Leyes de propiedad intelectual que favorecen la innovación externa y con periodos de coberturas extensos.

La biotecnología competitiva solo puede existir si un Estado tiene la capacidad de²⁷⁴:

1. Mantener una biología molecular de punta y dispuesta a abrirse al conocimiento sin fronteras.
2. Desarrollar una medicina involucrada con la investigación.
3. Costear una agronomía con bases científicas y dedicadas a descubrir sustentos genéticos.
4. Contar con una farmacología que aproveche los nuevos conocimientos.
5. Fomentar procesos industriales útiles y estratégicos que puedan competir en el mercado internacional.

²⁷² ONUDI, "Foro Global de Biotecnología", [en línea], Dirección URL: <http://www.onudi.org.uy/xnwslite>, [consultado: 4 Noviembre de 2008]

²⁷³ Cfr.: Juan Carlos Álvarez Chavira, *Op. Cit.* p. 69.

²⁷⁴ Cfr.: Daniel Goldstein, *Biotecnología, Universidad y política*, México, Siglo XXI, 1989, p.190.

No obstante la realidad en los países en vías de desarrollo tienen las siguientes características²⁷⁵:

Cuadro 3.11 Importaciones y exportaciones de los países en vías de desarrollo

Exporta	Importa
<ul style="list-style-type: none"> • gente, • información genética, • comida barata, • productos manufacturados de bajo valor, • productos químicos de bajo valor agregado, • productos industriales de tecnología rutinaria, • minerales • cereales y oleaginosas, • materia prima agrícola; • resultados científicos útiles 	<ul style="list-style-type: none"> • conocimiento, • tecnología • bienes de capital, • productos manufacturados de gran valor, • productos químicos de alto valor agregado; • productos industriales de tecnología de punta.

Por último cabe destacar que el desarrollo que se ha dado de torno a la biotecnología se ha encontrado enfocado principalmente hacia las áreas farmacéuticas y agrícolas por lo cual la biotecnología industrial no ha sido desarrollada de una forma generalizada. En este mismo sentido resalta que, sin tomar en cuenta la labor del Instituto Mexicano del Petróleo, en el caso de México, la biotecnología industrial es prácticamente nula, y especificándonos aun más en al área de la industria petrolera, únicamente se ha aplicado la primera fase, es decir la biorremediación. Esto último puede apreciarse en la siguiente tabla en la que anotamos los campos prioritarios de la biotecnología en México:

Cuadro 3.12 Áreas prioritarias del desarrollo de la Biotecnología en México

Alimentos y forrajes
Productividad agrícola
Productividad agropecuaria
Salud humana y animal

²⁷⁵ Cfr.: Ibídem, p. 191.

Energía y petróleo

recuperación microbiana del petróleo
tratamiento de biocorrosión
bioconversiones
productos biopetroquímicos (polímeros, tensoactivos)
producción de biocombustibles (biodiesel, metano, etanol, hidrógeno)

Medio ambiente

tratamiento de efluentes y emisiones gaseosas
biorremediación de suelos y acuíferos
biodegradación de desechos agrícolas, animales, urbanos, etc.

lixiviación microbiana de metales

Fuente: Instituto Mexicano del Petróleo; Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025, IMP, México, 2001, p. 137.

México debe de tener en cuenta que aún esta en tiempo para “combinar y determinar políticas a adecuadas, para este proceso (la combinación de recursos naturales y la alta tecnología), de lo contrario difícilmente estará en posibilidad de sustentar las futuras generaciones”²⁷⁶, para ello el trabajo interdisciplinario será el punto de partida para crear programas y mecanismos, de calidad y eficientes tanto para los procesos de la industria petrolera nacional como para la protección del ambiente, así y solo así México tendrá el equilibrio necesario entre la investigación, las instituciones de gestión y de gobierno para definir sus planes de acción acordes a la realidad imperante del país.

3.5. BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL: BENEFICIOS EMPRESARIALES Y AMBIENTALES DENTRO DE UN MARCO DE SUSTENTABILIDAD

3.5.1. VIABILIDAD DEL USO DE LA BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL EN FUNCIÓN DEL DESARROLLO SUSTENTABLE

Es necesario rescatar el modelo de desarrollo sustentable con el fin de comprender su relevancia dentro de la aplicación de la biotecnología en la industria petrolera considerando que su funcionalidad corresponde a los parámetros marcados por dicho modelo.

²⁷⁶ Víctor Manuel Villalobos Arámbula, “Biodiversidad, como factor de desarrollo”, Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XXXVII, núm. 12, diciembre, 1997, p. 30.

La Comisión Brundtland, creada por la Organización de las Naciones Unidas y dirigida por la sueca Gro Harlem Brundtland, después de 4 años de trabajo publicó la información generada en dicho tiempo bajo el nombre de "Nuestro Futuro Común" en 1987, en el que definen al desarrollo sustentable como:

Un proceso de cambio en el que la explotación de los recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del cambio tecnológico e institucional, están todos en armonía, aumentando el potencial actual y futuro para atender las necesidades y las aspiraciones humanas; todo esto significa que el desarrollo del ser humano debe hacerse de manera compatible con los procesos ecológicos que sustentan el funcionamiento de la biósfera²⁷⁷.

Es considerado como el desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de que las futuras generaciones puedan satisfacer sus propias necesidades. La sustentabilidad pretende erradicar la pobreza y proveer de bienestar a las próximas generaciones, sin dejar de lado la protección ecológica, el crecimiento económico, la justicia social y la equidad intergeneracional. Esta visión es local en principio, pero con perspectivas globales y perpetuas²⁷⁸

La Comisión Brundtland recomendó iniciar una nueva perspectiva de adaptar un crecimiento económico justo, desde el punto de vista ecológico, declarando que el desarrollo sustentable debe ser aplicado, tanto a la administración de la economía como al desarrollo de tecnología y al manejo de los recursos naturales, acompañado, congruentemente, de una renovación en los propósitos de la sociedad, orientado a un cambio de actitud de mayor respeto hacia los ecosistemas, la biodiversidad, el medio ambiente y los recursos naturales. Es en este sentido que a lo largo de la tesis, hemos planteado una visión en donde no pretendemos destruir a la industria petrolera, sino introducir una nueva tecnología,

²⁷⁷ Enkerlin, et. al., Op. Cit.

²⁷⁸ Cfr.: Miriam Alfil Cohen, Op. Cit., pp. 182-183.

que no implique una reestructuración de su infraestructura, con el fin de amortiguar los daños que se han ocasionado al medio ambiente.

El desarrollo sustentable propone un conjunto de estructuras y medidas para alcanzar un futuro deseable bajo principios ecológicos. A diferencia de los discursos anteriores, la sustentabilidad no ha sido demostrada; es un constructo teórico que está en proceso de cambio e implica diferentes concepciones y enfoques. Sin embargo, puede decirse que se pretende armonizar la explotación de recursos, la dirección de las inversiones, la orientación del desarrollo tecnológico y el cambio institucional con el fin de fortalecer el presente y el futuro de las necesidades y aspiraciones humanas.

Por su lado, los modelos más elaborados de las versiones científicas provienen de círculos académicos en el campo de la economía y la ecología. La crítica fundamental al modelo de desarrollo actual insiste en que el desarrollo real que se produce conforme a las leyes del mercado va en contra de la naturaleza y no es viable de forma indefinida, al existir determinados límites naturales. Para alcanzar un desarrollo durable y sostenible, éste, más que conformarse a las leyes de mercado, tendría que tener en cuenta determinadas leyes de la naturaleza.

Sin embargo el modelo de desarrollo sostenible no debe ser confundido con el de desarrollo sostenido que va ligado a la idea del desarrollo científico-tecnológico como un proceso regido por una lógica inmanente de carácter determinista. Según este determinismo tecnológico, las innovaciones tecnológicas se imponen por sí mismas de una forma imparable, porque representan la realización de tareas o la satisfacción de necesidades y deseos de una forma más eficaz, más económica, más sencilla o más cómoda. A su vez, el desarrollo tecnológico sería el que determina, en gran medida, el desarrollo económico, social y político.

Por todo ello, al *laissez faire* económico tendría que acompañarle el *laissez innover* tecnológico. La ciencia y la tecnología moderna aparecen, en este

contexto, como las formas superiores de conocimiento y acción racional sobre las que quiere asentarse el autocalificado pragmatismo económico del modelo, una vez proclamado solemnemente el fin de las ideologías. Por esta vía se pretende legitimar tanto el modelo como la autoridad de sus ejecutores tecnócratas²⁷⁹. En términos sencillos, el desarrollo sostenible se refiere a un proceso que se puede mantener en el tiempo indefinidamente sin colapsar o deteriorarse. Mientras que sustentable, proviene del vocablo sustentar o más propiamente autosustentar, y se refiere a un proceso que no necesita de fuentes o recursos externos para mantenerse. A partir de ello, pretendemos dar a conocer a la biotecnología industrial como una tecnología que permite que la industria petrolera se siga desarrollando sin comprometer al medio ambiente como se ha hecho desde hace mucho.

3.5.2. DESARROLLO DE LA INDUSTRIA PETROLERA A PARTIR DE UN ANÁLISIS DE LA EXISTENCIA DE UN “AGOTAMIENTO” DE LAS RESERVAS MUNDIALES

Desde otra visión, uno se puede interrogar sobre los beneficios de aplicar la biotecnología industrial a la industria petrolera a partir del cuestionamiento sobre las reservas mundiales. Si se argumenta que las reservas son pocas entonces se puede caer en el error de pensar que no tiene caso invertir en este tipo de tecnología. No obstante, debe de recordarse que la biotecnología industrial aplicada a dicha industria no implica invertir en nueva infraestructura ni cambiar la ya existente sino la aplicación de microorganismos a los diversos procesos que la conforman como se ha mencionado en apartados anteriores.

En cuanto a las reservas mundiales existen quienes afirman que el modelo de desarrollo basado en el petróleo ya está sufriendo un declive debido a la escasez que existe, lo cual se constata en la siguiente cita:

²⁷⁹ Cfr.: Fedro Carlos Guillén, *Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie11a03.htm>, [consultado: 26 de Octubre de 2007].

*“El escenario internacional ofrece evidencias claras de que la producción de petróleo ha iniciado su declive. La situación no debería de sorprendernos pues desde que se empezó a usar en el mundo, se ha consumido 24% del petróleo recuperable. A escala mundial, desde 1985, el petróleo descubierto es menor que el que se extrae cada año, esto significa, que desde entonces, se reducen los recursos, por lo que a las actuales tasas de consumo las reservas conocidas no podrán extenderse un horizonte mayor de cuarenta años”.*²⁸⁰

Según los datos de la Propia Chevron Texaco, tomará tan sólo 30 años más para acabar con lo que queda del petróleo en el planeta, debido al enorme aumento del consumo que cada año se incrementa en un dos por ciento²⁸¹ (revisar tabla 3.13). Bajo esta afirmación resultaría claro que la comercialización y uso de petróleo comienza a ser una actividad poco rentable para futuras inversiones, sin embargo existen quienes desmienten dicha afirmación argumentando que aun existen grandes reservas de petróleo que se conservan en zonas polares y que las reservas del petróleo pesado siguen siendo mayores que las del petróleo ligero.

Gráfica 3.13 Demanda de petróleo a nivel mundial/ déficit del petróleo



²⁸⁰ Rosío Vargas Suárez; José Luis Valdés Ugalde, *Alternativas Energéticas para el siglo XXI*, México, Centro de Investigaciones para América del Norte (CISAN), UNAM, 2006, p. 36.

²⁸¹ Cfr.: Edgar Ocampo Téllez, “Agotamiento de las reservas Mundiales de Petróleo”, *Petroquímex*, núm. 23, año 3, México, septiembre- octubre, 2006, p 48.

Fuente: IEN, *¿Por qué petróleo y gas? Suministro y demanda Mundial*. International Energy Network, 2007, [en línea], Dirección URL: <http://ieneurope.com/esp/oil-and-gas-investing.php>, [consultado: 2 de Abril de 2009].

Algunas empresas públicas y privadas han incurrido en la tarea de falsear las estimaciones de sus reservas proyectando que tenían un mayor volumen de reserva, con el fin de mantener altas las cotizaciones de la acciones, de ser rentables y atractivas para los inversionistas²⁸².

Sin embargo, de manera contraria, actualmente se ha hablado de la crisis de energéticos que no ha sido una crisis de la escasez, sino de alza de los precios con base en la posición monopólica de los productores que, contrariamente a lo que muchos creen, ha llevado a una mayor abundancia de petróleo.

La explicación del fenómeno lo encontramos en la ley de la oferta y la demanda. Esta ley nos dice que el aumentar el precio de un producto disminuye su demanda, cosa que ha sucedido con el petróleo; pero al aumentar el precio aumenta la oferta; es decir, hay más interés en producir petróleo y, por lo tanto, existe un aumento en la exploración y en la extracción del producto²⁸³. En este caso, el falsificar las estimaciones a la baja beneficia a las compañías petroleras considerando que la demanda va en incremento como se puede observar en la gráfica anterior.

Por otro lado, quienes desmienten la existencia de una disminución de las reservas, establecen que “el petróleo no es una materia prima demasiado escasa si se considera seriamente la viabilidad de mantener su elevado consumo actual sin dañar de forma irreversible nuestro hábitat; por el contrario existe suficiente petróleo –y formas de localizarlo y explotarlo- como para convertir la Tierra en el lugar más inhóspito del universo.”²⁸⁴ En este caso, debemos de recordar que con el

²⁸² Cfr.: Edgar Ocampo Téllez, *Op. Cit.* p. 49.

²⁸³ Cfr.: Luis Pazos, *Mitos y realidades del petróleo mexicano. Ayer, hoy y mañana*, México, Diana, 1979, pp. 105-109.

²⁸⁴ Cfr.: Eduardo Giordano, *Op. Cit.*, p. 25.

deshielo de los polos se ha podido localizar nuevos yacimientos de petróleo que en la actualidad están siendo estudiados para su explotación y como hace años han sido explotados. Además existen reservas, como las del Golfo de México que no han sido explotadas debido a la falta de infraestructura adecuada.

En este sentido, aunque existan pocas reservas de petróleo a nivel mundial o se tengan reservas para abastecer varias generaciones; lo que se debe de tomar en cuenta es que el problema ambiental no puede seguir creciendo y para poner un freno a sus impactos es necesario utilizar los conocimientos tecnológicos que se han planteado en los centros académicos con el fin de permitir un desarrollo sustentable. Además, considerando que existen una gran cantidad de reservas que tarde o temprano serán explotadas, y que la demanda seguirá aumentando, es posible afirmar que el volumen de emisiones de hidrocarburos de igual forma aumentará incrementando el calentamiento global, por lo cual se evidencia la necesidad de utilizar tecnologías alternas que permitan frenar dicho impacto. (Revisar cuadro anterior)

Uno de los retos más importantes a los que se enfrenta la industria petrolera se refiere a la calidad del crudo para proceso en las refinerías. En promedio, los crudos suministrados a las refinerías cada vez son más pesados y amargos (con más azufre). Estos crudos son más difíciles de procesar y su rendimiento está orientado a una mayor proporción de materiales pesados, por lo que requieren mayor procesamiento para mejorar el rendimiento de ligeros obtenidos.²⁸⁵ Esto, por lo tanto, significa un mayor costo para las industrias que manejan procesos dentro de la refinería y la petroquímica.

La propia revista sobre Industrias Extractivas del Banco Mundial apeló a finales de 2003 a terminar con la ayuda al petróleo recomendando que "El Grupo del Banco Mundial debería dar fin a las inversiones en la producción petrolera hasta 2008 y

²⁸⁵ Cfr.: Secretaría de energía, *Prospectiva de petrolíferos 2006-2015*, México, SENER, 2006, p. 25.

destinar los recursos de estas inversiones en el desarrollo de las energías renovables [...]”²⁸⁶. Trágicamente, el Banco Mundial optó por ignorar esta recomendación y los bancos multilaterales de desarrollo siguen utilizando dinero público para subsidiar a las empresas petroleras, lo cual permite identificar que el petróleo se seguirá explotando.

Como hemos venido rescatando a lo largo de esta investigación, se ha podido observar la manera en que el consumo masivo de carburantes derivados del petróleo ha sido una de las principales fuentes de contaminación, no obstante, existen otros usos de petróleo necesarios e insustituibles como se planteó anteriormente.

Según un estudio realizado en España, la producción de energía a través de centrales térmicas de fuel-oil resulta cinco veces más contaminante para el medio ambiente que cuando se utilizan centrales térmicas de gas natural, y 21 veces más contaminantes que el uso de energía eólica (que además es renovable)²⁸⁷ En este escenario, resulta un perjuicio para las empresas que se dedican a utilizarlo, producirlo, venderlo o comprarlo ya que existen una serie de regularizaciones a nivel internacional que no permiten su uso masivo. Es por ello que surge la necesidad de buscar alternativas para amortiguar los daños de la industria petrolera considerando que no existe posibilidad de extinguir su funcionamiento, ni su infraestructura; es en esta línea que surge la biotecnología como una alternativa tecnológica.

3.5.3. BENEFICIOS DE LA BIOTECNOLOGÍA EN FUNCIÓN A LA DEUDA ECOLÓGICA

Uno de los principales puntos que se deben de tomar en consideración son los costos que deben asumir las industrias acusadas de tales niveles de contaminación, con ello, nos referimos a la deuda ecológica en donde deben

²⁸⁶ End Oil Aid, “El llamado global para terminar con la ayuda al petróleo”, [en línea], Dirección URL: <http://www.endoilaid.org/globalcall/spanish/>, [consultado: 1 de abril de 2009].

²⁸⁷ Cfr.: Eduardo Giordano, *Op. Cit.*, pp. 25-26.

asumir costos que les afecta en términos de capital, es así que podemos identificar que:

La Deuda Ecológica es un nuevo concepto que explica el verdadero flujo de capitales, recursos naturales y seres humanos y explica el destino y los efectos de la deuda externa monetaria y propone identificar a los deudores y acreedores, en un mundo desigual, conformado por un Norte enriquecido que mantiene su alto nivel de consumo gracias a los recursos extraídos en el Sur²⁸⁸.

No obstante, para fines de esta tesis, nos damos a la tarea de replantear dicho concepto, eliminando la visión determinista y anticapitalista en términos de la bipolaridad y enfocándonos al aspecto ambiental, por lo cual lo definimos como: los costos ambientales que deben de asumir los países que más han emitido agentes contaminantes o han destruido mayor cantidad de espacios ecológicos.

En esencia se trata de la responsabilidad que tienen los países industrializados, sus instituciones, y otros agentes económicos (extranjeros o nacionales)²⁸⁹ de sanear los impactos que se han ocasionado al medio ambiente a través de inversiones y proyectos para la reconstrucción, restauración o saneamiento de la naturaleza.

La industria petrolera en la actualidad es la industria que más se ha tomado en consideración en el tema de la deuda ecológica debido a que se plantea que gran

²⁸⁸ Friends of the Earth International, Red Oilwatch Internacional, *Deuda Ecológica y petróleo*, presentado en Praga, Septiembre de 2000, [en línea], Dirección URL: <http://www.foei.org>, [Consultado: 27 de Marzo 2009].

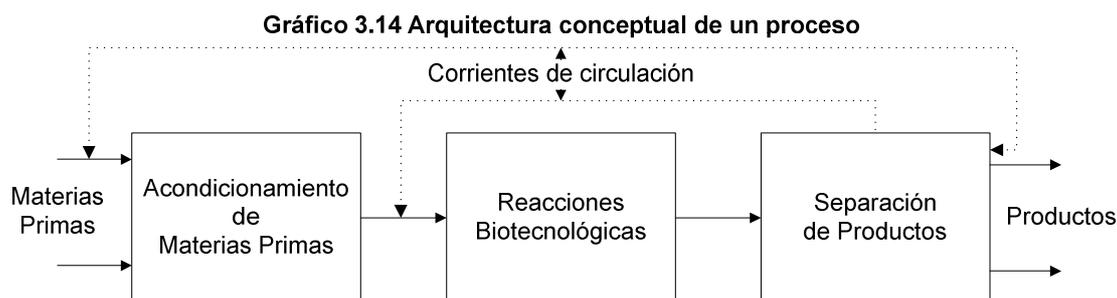
²⁸⁹ Esto tomando en consideración de que existen compañías que explotan el petróleo en otros países sin asumir los costos ecológicos como es el caso actual del Delta del Níger en Nigeria que mira hacia un futuro sombrío de disminución de los ingresos del petróleo, ya que las empresas petrolíferas que operan en Nigeria siguen recolectando beneficios “obscenos”. Esto sucede porque las empresas no están pagando por los costos ecológicos de sus operaciones y porque las deudas ecológicas también se encuentran desatendidas. Las comunidades locales han asumido la carga mientras las corporaciones reían todo el camino hasta los bancos garantizados por sus opacos acuerdos de “Joint Venture”. en: Oilwatch, *Nigeria: No More Oil Blocks! Let's leave the oil under the Ground*, Abril de 2009, [en línea], Dirección URL: <http://www.oilwatch.org>, [consultado: 10 de Abril de 2009]. (Traducción Libre)

parte de esta deuda ha sido utilizada en el desarrollo de infraestructura y en la promoción de nuevas operaciones petroleras.

Con ello pretendemos que la utilización de la biotecnología industrial sea un proyecto que permita impedir que nuevas áreas sean afectadas debido a la explotación de petróleo y gas, otorgarles un perfil de empresa ambientalmente responsable; y evitar que la deuda ecológica se incremente.

3.5.4. VIABILIDAD DEL USO DE LA BIOTECNOLOGÍA CONFORME AL PROCESO DE PRODUCCIÓN ACTUAL

Es necesario aclarar que el uso de la biotecnología industrial, en los que respecta al área de la industria petrolera, no significa cambios sustanciales de los procesos de transformación fisicoquímicos²⁹⁰, al contrario visto desde una perspectiva económica mantiene el objetivo de obtener productos de mayor valor agregado a partir de materias de menor valor relativo²⁹¹, pues ante todo la inversión inicial en procesos, equipos y recursos económicos para la operación en concepto de consumos de energía, químicos, aditivos y catalizadores ya está hecha; es así que sin importar la complejidad y diversidad todo proceso contiene una estructura básica basada en cuatro bloques, como se presenta en el siguiente esquema:



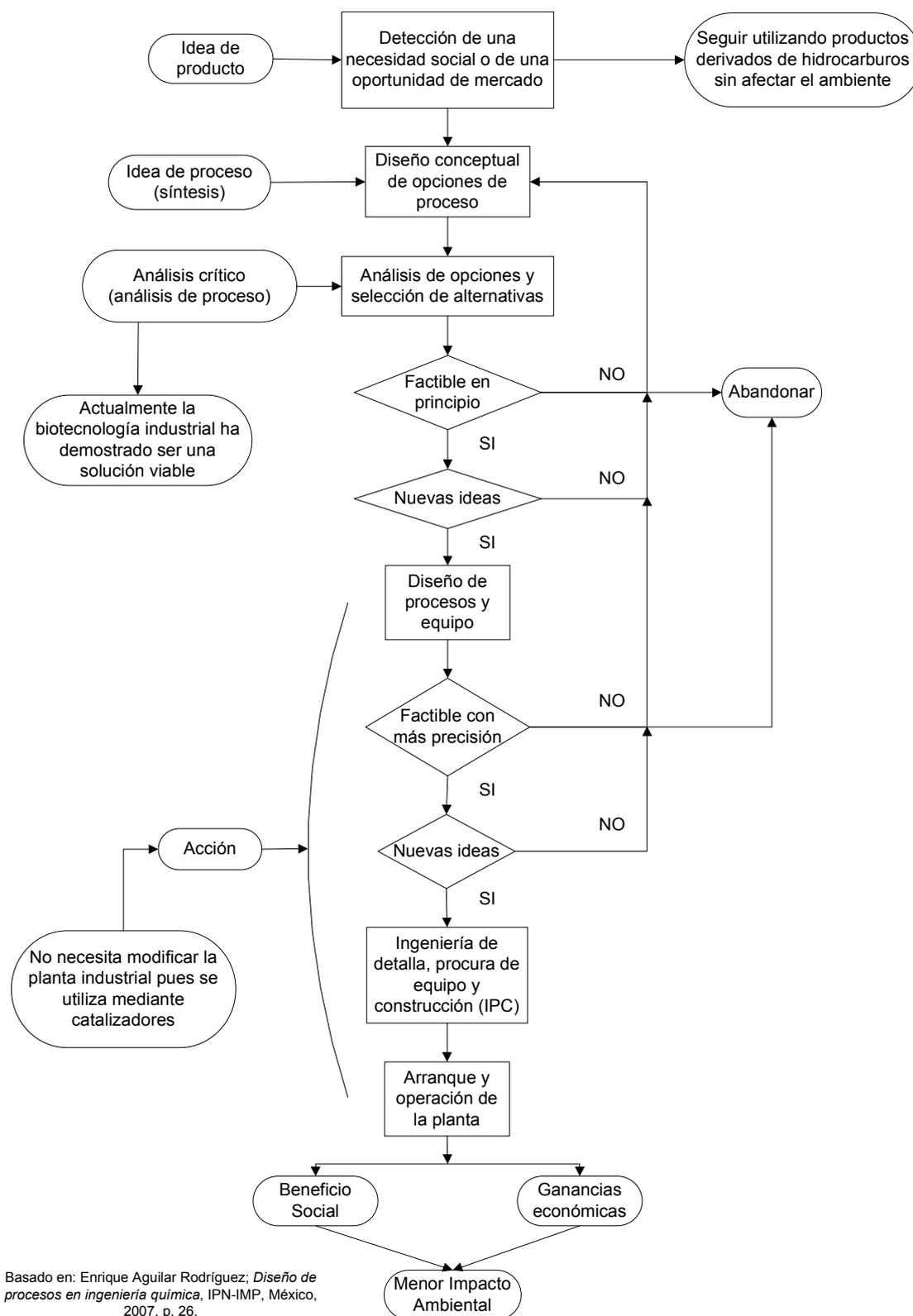
Basado en: Enrique Aguilar Rodríguez, *Diseño de procesos en ingeniería química*, IPN-IMP, México, 2007, p. 23

²⁹⁰ Un proceso fisicoquímico es un sistema que permita modificar en su composición o condiciones de estado (presión, temperatura y tipo de fase) a una o varias sustancias, para dar lugar a uno o más productos generalmente de mayor valor agregado. Para lograr lo anterior los procesos requieren tres elementos básicos: (1) equipos, (2) energía y (3) químicos, aditivos y catalizadores. Véase: Enrique Aguilar Rodríguez, *Op. Cit.*, p. 21.

²⁹¹ *Cfr.: Ibídem*, p. 22.

En el esquema podemos observar como las materias primas, mediante una serie de procesos se convierten en productos con calidad y valor agregado que al inicio del proceso no tenían, sin embargo cada bloque, es un aspecto importante dentro de la transformación y sin dichos pasos el resultado no podría tener rentabilidad económica, por lo tanto el uso de los catalizadores de la biotecnología industrial no alteran el esquema del proceso, al contrario le dan un valor agregado primordial para nuestro estudio, es decir, la protección del ambiente sin que ello signifique cambios estructurales profundos o productos con un menor interés económico. Por lo tanto, durante cualquier proyecto de un proceso de diseño que nace de una idea, en nuestro caso la utilidad de la biotecnología industrial, hasta convertirlo en una realidad, es decir, la obtención de productos amigables con la naturaleza, y que permita que cualquier planta industrial opere de manera satisfactoria lo podemos representar de la siguiente manera:

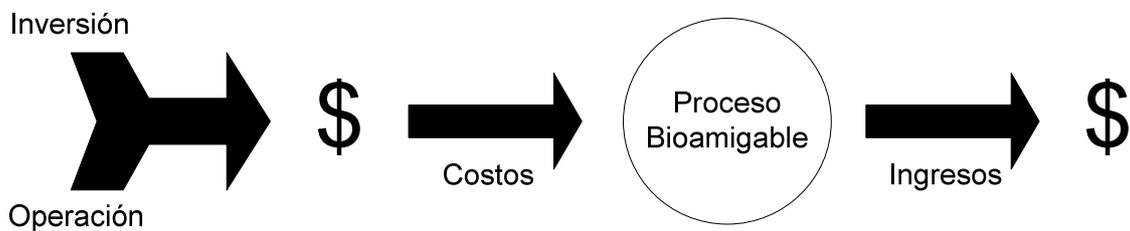
Gráfico 3.15 Proceso de diseño de un proyecto industrial



Basado en: Enrique Aguilar Rodríguez; *Diseño de procesos en ingeniería química*, IPN-IMP, México, 2007, p. 26.

Como es posible observar el diseño del proyecto industrial de la utilización de la biotecnología, no rompe los diseños convencionales de los procesos de la industria petrolera, al contrario los refuerzan y les permite atender tanto las demandas de su producción como el cuidado del entorno; pues, en la actualidad los estudios de impacto ambiental son determinantes para seleccionar los proceso fisicoquímicos y en caso de un impacto ambiental deberá de considerarse en el análisis económico la inclusión del equipo para el tratamiento y disposición de efluentes²⁹², lo cual también se encuentra contemplado en el uso de la biotecnología industrial en los procesos donde no se ocupe directamente pero exista un efecto en el ambiente causado por derrames de sustancias, para lo cual se hace uso de la biorremediación, tanto en su forma in situ como post, lo cual permite sostener el objetivo de todo proceso industrial, es decir, obtener beneficios económicos, pues, ante todo si los diseños demuestran la incapacidad de producir ganancia con una rentabilidad aceptable no tiene sentido llevarlo a cabo, lo cual puede representarse de la siguiente manera:

Gráfico 3.16 Representación de un proceso en términos económicos



Basado en: Enrique Aguilar Rodríguez; *Diseño de procesos en ingeniería química*, IPN-IMP, México, 2007, p. 175.

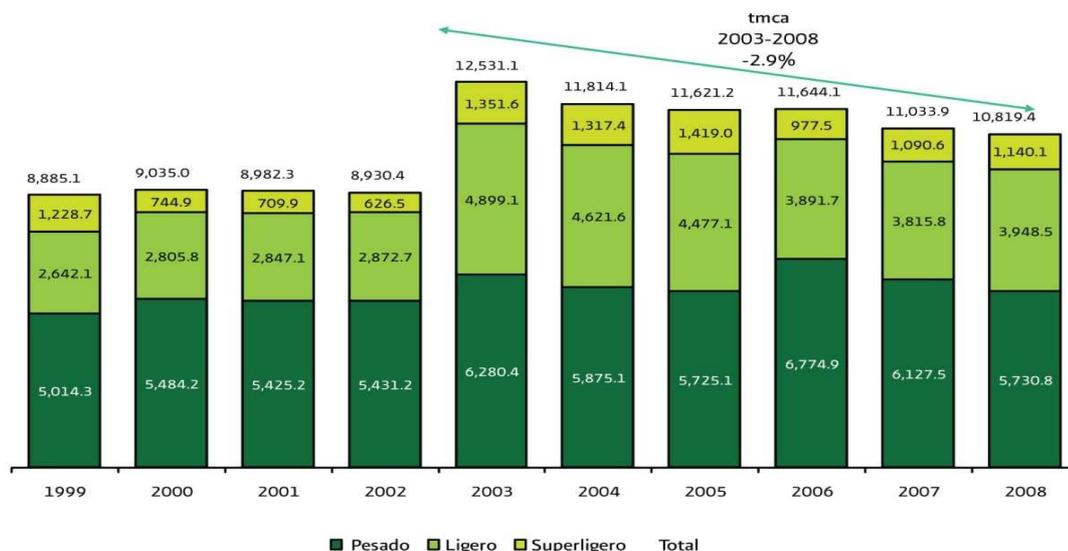
Por lo tanto podemos observar que la biotecnología hace posible el desarrollo de procesos inteligentes, transformando los sectores tradiciones a través de formas superiores de organización y proceso de producción más eficientes²⁹³ que permiten satisfacer los intereses y necesidades económicas al mismo tiempo que procuran el cuidado del ambiente.

²⁹² Cfr.: *Ibidem*, p. 119.

²⁹³ Cfr.: Francisco Barnés de Castro; *Op. Cit.*, p. 35.

De este modo es posible observar la factibilidad del uso de la biotecnología en la industria petrolera, incluso desde 1999 el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) ha impulsado el uso de la biotecnología en esta rama industrial, o lo que ellos llaman biotecnología del petróleo, con el fin de lograr generar tecnologías que permitan, dentro de los actuales marcos regulatorios ambientales, afrontar la creciente demanda de petróleo y la necesidad de procesar el petróleo pesado, que es rico en azufre, ante la reducción de las reservas probadas de petróleo ligero y superligero, en la siguiente gráfica (gráfica 3.17) es posible observar como las reservas mexicanas²⁹⁴ han disminuido; el petróleo pesado sigue teniendo una mayor cantidad de reservas con un poco más del 53%, seguido del petróleo ligero con 36.5% y al final el petróleo superligero que representa el 10.5%²⁹⁵:

Gráfica 3.17 Composición de las reservas probables por tipo de crudo, 1999-2008¹
(millones de barriles)



¹ El aumento en el volumen de las reservas probables entre 2002 y 2003, es debido a que ese año PEMEX adoptó los criterios de la SEC para la definición de reservas probadas, reubicando parte de las reservas probadas en probables y posibles sin que se modificara el volumen total de reservas (3P).
Fuente: PEMEX Exploración y Producción, Las reservas de hidrocarburos de México, varios años.

²⁹⁴ México produce tres tipos de petróleo: (1) Maya que es petróleo pesado y constituye casi la mitad del total de la producción; (2) Istmo, este es un petróleo ligero bajo en azufre, que representa casi un tercio del total de la producción; y (3) Olmeca que es un petróleo extra, o súper, ligero y representa aproximadamente la quinta parte del total de la producción. Cfr.: Alan Sandoval A., "Los crudos mexicanos, sus características", Sector e industria eléctricos, boletín IIE, marzo/abril, México, 2008, [en línea], Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/publica/bolmi98/secmj98.htm>, [consultado: 8 de Abril de 2009].

²⁹⁵ Cfr.: Secretaría de Energía, *Op. Cit.*, p. 73.

Lo cual nos permite analizar como la biotecnología del petróleo surge como una solución que permite un desarrollo sustentable respetando las políticas, normas y acuerdos que la industria petrolera debe respetar en sus procedimientos;

3.5.5. ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DE LA BIOTECNOLOGÍA INDUSTRIAL APLICADA A LA INDUSTRIA PETROLERA A PARTIR DE SUS BENEFICIOS CAPITALISTAS EN UN MARCO DE SUSTENTABILIDAD

Aunque una de las principales críticas del desarrollo tecnológico en el ámbito de la biotecnología han sido planteados desde la perspectiva de que dicho desarrollo se ha dado en función de la lógica de acumulación de capital; nos es necesario destacar que estamos conscientes de que existirán organizaciones y empresas que se beneficiaran por su utilización, pero también estamos conscientes de que el beneficio lo recibirá la naturaleza, por lo cual no rechazamos la idea de que existan beneficios capitalistas en la utilización de este tipo de tecnología considerando que no se trata de deshacernos de la dinámica capitalista sino de buscar su desarrollo sustentable.

Es en este contexto, volvemos a plantear la necesidad de buscar tecnologías sustentables que beneficien a los actores económicos así como al medio ambiente, de lo contrario, dichos conocimientos nos se llevan a la práctica. En éste ámbito la biodiversidad se ha convertido en un instrumento fundamental de disputa entre los capitales biotecnológicos, ya que a partir de su uso se abre la posibilidad de alterarlo con el fin de buscar nuevos materiales que sirvan a los procesos actuales de producción.

En este sentido, para la explotación de la biodiversidad mundial, y de ahí del desarrollo de la biotecnología dentro de un escenario "globalizado", los agentes económicos y los Estados nacionales han construido un sistema de información global que les permita captar espacios y territorios (Red Biotecnológica)²⁹⁶

²⁹⁶ Cfr.: Gian Carlo Delgado, *Op. Cit.*, p.12.

considerando que el espacio geográfico es una masa heterogénea de agua y tierra, en donde la distribución de las diferentes riquezas naturales (minerales, hidrocarburos, agua dulce, biodiversidad) se encuentra concentrada en regiones específicas del planeta; por ello, en el caso de la biotecnología industrial se utilizan bacterias, microorganismos y hongos que pueden ser fácilmente ubicadas y reproducidas en un laboratorio en donde se forman cultivos que se reproducen principalmente por fisión binaria. En la siguiente tabla se muestran la ubicación de algunas bacterias, microorganismos y hongos que se utilizan en el proceso biotecnológico de la industria petrolera.

Bacterias	Localización	Características
<i>Pseudomonas</i>	Generalmente es localizada en agua y en semillas de plantas como las dicotiledóneas.	Las cepas del género <i>Pseudomonas</i> son capaces de procesar, integrar y reaccionar a una amplia variedad de condiciones cambiantes en el medio ambiente, y muestran una alta capacidad de reacción a señales físico-químicas y biológicas.
<i>Alcaligenes,</i>	Alcaligenes se encuentran en distintos lugares, incluidos el suelo y las aguas, donde una especie, <i>Alcaligenes denitrificans</i> , ha sido conocida para inhibir el crecimiento de ciertos tipos de algas. También pueden ser encontrados en la leche y las vías respiratorias de los pacientes con fibrosis quística, donde causa los síntomas clínicos de la enfermedad pulmonar.	Especies de <i>Alcaligenes</i> generar energía en un número de maneras, incluyendo oxidación arsenita.
<i>Sphingomonas,</i>	<i>Sphingomonas</i> se han encontrado en diversos ambientes, tanto acuosa (tanto agua dulce como agua de mar) y hábitats terrestres, sistemas de raíces de plantas,	Dicha bacteria mantiene mayor densidad de población en la presencia de contaminantes que en su ausencia. Estos

	<p>muestras clínicas, y otros. Su amplia distribución en el medio ambiente se debe a su capacidad para utilizar una amplia gama de compuestos orgánicos y para crecer y sobrevivir bajo condiciones de bajos nutrientes.</p>	<p>descubrimientos demuestran que la <i>Sphingomonas</i> utiliza los contaminantes como factor de crecimiento y fuente de energía que le permite competir con éxito con los organismos nativos en los diferentes entornos.</p>
<i>Rhodococcus</i>	<p>La mayoría son benignas y se han encontrado en grandes cantidades en una amplia gama de entornos, incluidos el suelo, el agua, y células eucariontes.</p>	
<i>Mycobacterium</i>	<p>Evoluciona a partir de una bacteria del suelo</p>	<p>Pueden sobrevivir en cualquier medio oxigenado</p>
<i>Phanaerochaete chrysosporium</i> (Ligninolytic fungi) *hongo	<p>Puede crecer sobre las astillas de madera en composta, que alcanza una temperatura muy alta. Además se encuentra en la celulosa de la madera; es decir, en las capas más externas.</p>	
<i>Methylotrophs.</i> *grupo de microorganismos	<p>Estando compuesto principalmente por <i>Methylobacterium</i>, son comunes en el suelo y en las superficies de las hojas y otras partes de la planta. Las cepas del <i>Methylobacterium</i> se han localizado como endosimbiontes dentro de las células en las yemas de pino escocés (<i>Pinus sylvestris</i>). Una especie, la <i>Methylobacterium podarium</i>, se piensa que es parte de la microflora natural del pie humano. <i>Methylobacterium</i> incluso ha sido encontrada viva en el interior de la boca humana. Las muestras han sido aisladas de la lengua, en placas supra-y subgingival que han mostrado el crecimiento de <i>Methylobacterium</i>, especialmente <i>M. thiocyanatum</i>.</p>	<p>El <i>Pichia</i>, siendo una de los microorganismos que forma al <i>Methylotrophs</i>, tiene una alta tasa de crecimiento y es capaz de crecer en un medio simple y de bajo costo. <i>Pichia</i> puede crecer ya sea en frascos o en un fermentador, lo que lo hace adecuado tanto para la producción a pequeña o gran escala.</p>

Elaboración propia basada en: Davis Bernard D., *et. al.*, *Microbiology, Medical Department*, New York, Harper and Row, 1973, p.1562.

Revisar cuadro sobre Bacterias Utilizadas en los Procesos de Biorremediación, apartado 3.3.2.1., Cuadro 3.7

Esto nos permite identificar que la obtención de ciertas bacterias para el proceso industrial biotecnológico tienen mayor facilidad para su localización y cultivo, por lo cual no se puede hablar de una limitación en cuanto al acceso a biodiversidad como lo han planteado algunos autores. Además de que su cultivo y reproducción resultan poco costosos y algunas de ellas se reproducen en condiciones ambientales simples.

Es en este contexto es que la biodiversidad adquiere un carácter distinto al que se ha planteado por otros autores, pues, va más allá de la diversidad de plantas, animales y minerales que crecen en regiones específicas del mundo y bajo condiciones específicas de clima y altura, se trata organismos que evolucionan en espacios diversos y controlados.

Es evidente que la biotecnología industrial aplicada a la industria petrolera es un área que aun falta desarrollarse. Sin embargo su sentido estratégico desde la perspectiva geoeconómica permite destacar la importancia que tiene su actual desarrollo. En este sentido es importante tomar en consideración el patrón de acumulación, desarrollo y crisis de los patrones tecnológicos ya existentes, los cuales se han sumado a una lógica basada en la búsqueda de avances tecnológicos limpios; ello permite identificar la importancia de estudiar nuevas tecnologías, y desarrollar diversos campos como el de la biotecnología, con el fin de integrarlas a los procesos actuales.

El naciente eje tecnológico es una de las ramas que generan riqueza en la actualidad, además, ligado a los cambios en el medio ambiente suscitados por la existencia de modelos de producción antiguos ha permitido una nueva Revolución en la búsqueda de tecnologías bioamigables que responden a la dinámica cíclica

de crisis y auge. Lo anterior también permite a los agentes económicos involucrados en su desarrollo, por un lado, explotar grandes cantidades de plusvalor, y por otro, neutralizar las fuertes contradicciones ecológicas que ha generado.

Como ejemplo se puede rescatar a empresas petroleras como Mobil, Exxon, Conoco, British Petroleum, Shell, que están involucradas en la investigación de energías alternas y biotecnología²⁹⁷. Además las petroleras más grandes del mundo han incluido en sus prospecciones de petróleo, actividades de bioprospección. Las petroleras como Shell, Mobil, Chevron, British Petroleum, Elf y Texaco, entre otras, formaron una asociación para la conservación del medio ambiente a la cual llamaron International Petroleum Industry Environmental Conservation Association (IPIECA), que publicó un informe de los proyectos de bioprospección que han realizado las distintas empresas petroleras, las ONGs involucradas en el estudio biológico y las distintas figuras que han participado o se encuentran participando²⁹⁸. De este modo, dichas empresas y organizaciones adquieren un perfil bioambigable ante la sociedad que permite amortiguar las presiones que han venido ejerciendo los grupos ambientalistas.

Tal proceso marca una diferenciación entre los nuevos capitalistas impulsores del avance de tecnologías mejor adaptadas al ahorro de energía y al control ecológico, y los viejos capitales "contaminantes", quienes se ven obligados a "metamorfosearse", caso de las empresas petroleras, químicas y petroquímicas que están invirtiendo en empresas de ingeniería genética, incluyendo dentro de esta a la biotecnología, e investigaciones afines, etc. .,²⁹⁹ lo cual permite que sigan detentando el poder económico a través de la producción.

²⁹⁷ Otro ejemplo son DuPont, Monsanto, Novartis y Hoescht, que eran gigantes de la petroquímica pero actualmente han cerrado sus divisiones de productos químicos para dedicarse a la investigación, productos y tecnología genética. *Cfr.*: Jeremy Rifkin, "Tiempo libre para disfrutarlo o hacer filas de desempleados", en: Luís J. Álvarez Lozano (coord.), *Op. Cit.*, pp. 12-13.

²⁹⁸ *Cfr.*: Gian Carlo Delgado, *Op. Cit.*, p. 366

²⁹⁹ *Cfr.*: Abide, pp. 38-40.

Sin embargo, dicha metamorfosis no ha sido completa debido a que las empresas contaminantes no están dispuestas a renovar su infraestructura ni el modelo de producción que se ha venido desarrollando desde la Revolución Industrial, como se ha mencionado anteriormente; es por ello que se ha visto que las empresas petroleras han sostenido campañas permanentes para impedir las reducciones al consumo de petróleo, y hasta están logrando que otras fuentes energéticas (eólicas, solares, entre otras), sean sujetas a la apropiación y al monopolio. Por ejemplo, Shell o British Petroleum están haciendo gigantescas inversiones en el desarrollo de nuevos tipos de energía o para sustituir las pequeñas represas por megaproyectos de energía.³⁰⁰ Por lo que la biotecnología se presenta como un proceso complementario que permite la innovación y el mejoramiento en el proceso y manejo de petróleo y sus derivados que permiten a las compañías petroleras incrementar sus sustentabilidad y competitividad en el ámbito internacional.

³⁰⁰ Friends of the Earth International, *Op. Cit.*

CONCLUSIÓN

*EL MAÑANA COMENZO AYER. ESO ES LO QUE NOS HA ENSEÑADO LA HISTORIA DEL MUNDO,
LA HISTORIA DE LA HUMANIDAD.
-GRACIELA ARROYO PICHARDO-³⁰¹*

Son los procesos históricos los que generan las transformaciones y los cambios estructurales inducidos en el funcionamiento de sus ecosistemas, en las capacidades productivas de la población, en su dependencia cultural y tecnológica, en sus motivaciones para la innovación de sus actividades productivas y para el cambio social, y en sus formas de sujetamiento ideológico.³⁰² En este contexto, se toma en consideración que existe un largo legado ideológico el cual no se ha podido contrarrestar fácilmente y por lo cual se ha convertido en una lucha infructuosa abatir la ideología capitalista por lo que se han de buscar alternativas que no sólo abrasen los intereses de los actores con predominio económico sino también las necesidades del equilibrio ecológico; es decir, dentro de un contexto de desarrollo sustentable.

Sin embargo, las posibilidades de implementar una estrategia productiva alternativa no dependen solamente de la dominación económica y política sobre las formas de producción. Éstas están sujetas también a ciertas ideologías teóricas, y delimitadas por las perspectivas de ciertos paradigmas científicos que obstaculizan las posibilidades de reorientar las prácticas productivas dentro de una perspectiva ambiental del desarrollo. Además se complica dicha intervención dada la existencia de estructuras institucionales prevalecientes. Es por ello que no tenemos como fin terminar con las formas de producción sino de reorientar la tecnología que ha sido utilizada y sustituirla por biotecnología.

³⁰¹ Graciela Arroyo Pichardo, "Paradojas del mañana: una nueva civilización, nuevos y antiguos saberes", en: Graciela Arroyo Pichardo (coord.), *La dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y transformaciones*, México, Cenzontle, 2006, p. 236.

³⁰² Cfr.: Enrique Leff (coord.), *Op. Cit.*, p 72.

La degradación del medio ambiente causada por la industria afecta a ésta de manera determinante, esto es posible representarlo mediante el efecto de la trayectoria de un boomerang, donde lo que afectamos hoy tarde o temprano se nos regresara; no obstante no hay soluciones que sean aceptadas por el sector industrial y que al mismo tiempo sean compatibles con el cuidado ambiental.

En este sentido la biotecnología puede ser visualizada como un beneficio que satisface los intereses tanto del cuidado del medio ambiente como intereses empresariales, es decir, por un lado funge como una alternativa para la solución de problemas medioambientales y por otro se reflejará el punto de vista referente a la manera en la que la biotecnología representa un beneficio para la satisfacción de intereses capitalistas considerando que es idealista suponer un cambio de modelo económico o un cambio en nuestro patrones de consumo. Sucesivamente, este tipo de tecnologías ofrecen una alternativa que permite un equilibrio entre el mercado y el medio ambiente.

Sin duda en el momento actual se está perfilando la creación de un nuevo modelo de poder que va más allá del modelo de explotación y dominio de la naturaleza; no está en debate sólo el alcance que ha tenido la ciencia y la tecnología, en las áreas biológicas y de ingeniería genética, sino impacto que tiene dicho alcance en las fuerzas políticas y económicas, por lo tanto es indispensable pensar, estudiar, analizar las nuevas relaciones que existen o existirán entre la naturaleza, el poder y la biotecnología.³⁰³

Es así que en la actualidad el mundo debe de responder a una nueva realidad en la que la relación humano y naturaleza destaca las relaciones existentes entre los fenómenos sociales y económicos y las transformaciones político económicas y científico tecnológicas; todo lo cual nos permite observar la complejidad por la que

³⁰³ Cfr.: Rioja Peregrina Leonardo; *Op. Cit.*, p. 21.

atraviesa la humanidad y por ende la relación de ésta con la naturaleza, demostrando las implicaciones económicas y políticas que enmarca la biotecnología.

Es en este sentido que surge una “economía del conocimiento” o “nueva economía” que hace referencia a que el conocimiento es el factor que determina en mayor medida el crecimiento de una economía, más que el capital, el trabajo o los recursos naturales. El conocimiento permite hacer más con menos recursos, innovar, generar valor y, por lo tanto, riqueza. En este sentido el conocimiento siempre ha estado presente en el proceso económico, pero nunca había sido tan predominante como el día de hoy³⁰⁴.

Por lo tanto el desarrollo de la biotecnología abre el camino a un nuevo paradigma de poder que rompe el antiguo, basado en la explotación y apropiación de la naturaleza por parte del hombre; con lo cual el poder se expresa en el control de leyes de la naturaleza como fuerza para incidir en los genes de la materia viviente y por ende el poder de influir en la información de dichos genes; al mismo tiempo crea una dependencia al manejo de tal información, convirtiendo a la biotecnología en elemento transformador del sistema mundial.

Si el poder antiguo estaba en manos de los dueños del capital y la fuerza militar, política e incluso ideológica, no obstante podemos afirmar que un rasgo esencial era el uso de la información, lo cual atiende al aforismo de “conocimiento es poder” con gran validez de Francis Bacon³⁰⁵, resultado de la investigación y círculos de poder, por ello en la actualidad donde la naturaleza humana se encuentra en un dinámico proceso de transformación debido a la facilidad de allegarse información los fundamentos del poder cambian pasando de los que

³⁰⁴ Cfr.: Luis Rubio, *et. al.*, *México 2025: el futuro se construye hoy*, México, CIDAC, 2006, p.96.

³⁰⁵ Cfr.: Daniel Goidstein, *Biotecnología, universidad y política*, México, Siglo XXI, 1989, p. 12.

tengan mayores medios de producción a los que tengan mejores centros de información³⁰⁶.

Ello hace hincapié en las implicaciones que el control de la ciencia y la tecnología, y en lo específico en la biotecnología, tendrán en el ajuste del poder en un escenario internacional, más cuando la actual competitividad internacional de las empresas biotecnológicas transnacionales y sus necesidad por mantener el control sobre producción e investigación origina un tecno-nacionalismo; no obstante es evidente la relación que hay, y habrá, de los sujetos económicos y políticos que pueden asumir dicho reajuste por lo que podemos hablar de una *real biopolitik*³⁰⁷ donde las políticas científicas y tecnológicas, sobre todo en los países desarrollados, atiendan a estrategias basadas en juicios de valor formulados por actores sociales que formen parte de las estructuras de poder y defiendan los intereses económicos, políticos, científicos y tecnológicos precisos y de interés para su Estado.

Entonces la biotecnología es una actividad costosa en la que se aspira a ganar grandes sumas de dinero que solo los países desarrollados asumen de manera estratégica e indispensable para mantener su lugar en el escenario internacional.

Por otro lado, la biotecnología Industrial requiere de una mayor utilización a nivel mundial tomando en consideración que más allá de los beneficios empresariales e instituciones que representa también adquiere una postura biocéntrica ya que le ofrece un mayor cuidado al medio ambiente que los procesos y técnicas tradicionalmente utilizadas. Aunque existen los conocimientos sobre los procesos de sometimiento en que tiene aplicación, se ha dado mayor prioridad a la

³⁰⁶ Joseph Nye S., "La transformación del poder mundial" en: Facetas, Barcelona, No. 4, 1990, pp. 2-7.

³⁰⁷ Este neologismo expresa un campo de acción pragmático y paradigmático donde la experimentación explotación y producción de recursos genéticos, considerada estratégicos, este en manos de grandes empresas biotecnológicas, gobiernos y hasta organismos intencionales que sirvan a grupos de poder mundial, con la colaboración de gobiernos, instituciones publicas y privadas, locales y regionales por encima de cualquier consideración y aplicada a una gran cantidad. *Cfr.:* Leonardo Rioja Peregrina; *Op. Cit.*, pp. 25-31.

biotecnología agrícola y la medicinal. Este hecho se encuentra íntimamente relacionado con el hecho de que el antropocentrismo fuerte que ha dominado el *modus vivendi* social y las interacciones internacionales únicamente se enfocan hacia el bienestar humano, dejando en segundo término el bienestar del medio ambiente

Sin embargo es importante tomar en consideración que el malestar del medioambiente poco a poco ha ido cobrando fuerza y perjudicando la vida de miles de seres humanos de manera directa o indirecta. Basta con recordar que se han producido una serie de cambios en el medio ambiente los cuales se han salido de control en la actualidad. Tal es el caso del calentamiento global seguido de una serie de fenómenos naturales que han atacado a nuestro planeta. Es por ello que se hace necesario buscar alternativas que permitan frenar este proceso acelerado con el fin de contribuir a la solución de los problemas ambientales

Los efectos del cambio climático ya no son un efecto que solo se discuta en las aulas como reflexiones éticas, filosóficas o morales; ya es una realidad que nos ha alcanzado. Los polos ya se están derritiendo, hay especies que se están viendo afectadas porque se están quedando sin hogar, como es el caso del oso Polar. También existen especies que tienen que emigrar antes de su ciclo normal porque las temperaturas han sufrido modificaciones que nunca creímos ver. Pero esto no solo afecta a las especies, también nos afecta a nosotros.

Bien se sabe que el humano ha desarrollado diversas tecnologías para protegerse contra los cambios climáticos, no obstante, existen efectos a los cuales no podremos hacer frente. Como ejemplo de ello está la descongelación de bacterias y virus que se encontraban en las profundidades de los hielos de los polos. Y aunque la ingeniería farmacéutica se encuentra bastante desarrollada en la actualidad, aun existen enfermedades que no hemos alcanzado a comprender, y será aun más difícil desenterrar los misterios de la actuación de nuevas enfermedades.

Nos decían de pequeños que el mundo iba a cambiar, pero que faltaba mucho. Sin embargo estos cambios se han desencadenado con mucha rapidez. En este escenario ya no es nuestra responsabilidad dar más soluciones idealistas que van en contra de los intereses de ciertos actores internacionales (como son las empresas) quienes han estancado los avances referentes a la aplicación práctica de modelos teóricos que no corresponden a la satisfacción de sus intereses. Es en este sentido que debemos de actuar con rapidez, y proponer un modelo que sea benéfico para ambos (las empresas y el medio ambiente). Es de esta forma que la biotecnología Industrial aplicada tanto a la industria del petróleo como a otras áreas surge como una de las tantas soluciones que no han sido aplicadas de manera generalizada a través del mundo.

Este mundo, el mundo donde la economía ha permeado la estructura del poder y se concentra en grandes monopolos, oligopolios y trasnacionales es el mundo donde el Estado mexicano, así como otros países, deben, de manera inevitable, diseñar un verdadero modelo de desarrollo sustentable, que refleje su fuerza y responsabilidad con el bienestar social, complementado con una sociedad conciente y participativa, que permita:

- a. Superar los problemas estructurales de desequilibrio externo.
- b. Retomar y proyectar la industrialización nacional. Reorientación de los procesos industriales hacia una competitividad internacional y sobre una base de eficiencia.
- c. Desarrollar una agricultura moderna bajo los nuevos principios de respeto a la ecología, y a los recursos humanos y naturales. Lo cual se verá reflejado en el crecimiento de la productividad de este sector y a nivel nacional.
- d. La reestructuración del sistema financiero nacional orientado hacia promover la captación del ahorro y el crédito a la inversión de largo plazo.

- e. Elevar los niveles educativos y culturales de la sociedad.
- f. Lograr niveles de bienestar en vivienda y salud, y eliminar la pobreza extrema.
- g. Evaluar y desarrollar políticas de conservación y recuperación de los recursos naturales.³⁰⁸

Estamos concientes de que la manera en que se debe de atacar la problemática que surge entorno al deterioro ambiental no encuentra su solución total con el uso de la biotecnología. En este sentido se debe de tomar en consideración que existen una serie de propuestas que han arremetido dicho problema desde diversos frentes, ya sea desde un ángulo social, con las propuestas de un modelo alternativo de desarrollo o de producción. Sin embargo, con este proyecto se plantearon argumentos para indicar la necesidad –desde una visión en función al equilibrio de intereses económicos- de complementar el uso de tecnologías nocivas con el uso de la biotecnología, transformándolas en tecnologías bioamigables.

Entre sus principales beneficios fue posible apreciar la alineación que tiene con el modelo de desarrollo sustentable, así como la disminución de la deuda ecológica que implica beneficios en tanto que las empresas que utilicen este tipo de tecnologías adquieren un perfil de protectores ambientales ante la sociedad, lo cual permite frenar las exigencias y presiones por parte de las organizaciones ambientalistas.

Desde otra perspectiva, fue posible identificar que no existe un agotamiento del petróleo, lo cual indica que su explotación seguirá durante mucho más tiempo que el que se había proyectado por los científicos, esto permite que uno se pueda interrogar sobre los beneficios de aplicar la biotecnología industrial a la industria petrolera a partir del cuestionamiento sobre las reservas mundiales agotadas o

³⁰⁸ Gustavo Vargas Sánchez, *Análisis económico de un sexenio que está por concluir*, México Castdel, 2006, p. 173.

envías de serlo. Si se argumenta que las reservas son pocas entonces se puede caer en el error de pensar que no tiene caso invertir en este tipo de tecnología. Sin embargo, debe de recordarse que la biotecnología industrial aplicada a dicha industria no implica invertir en nueva infraestructura ni cambiar la ya existente sino la aplicación de microorganismos a los diversos procesos que la conforman, así mismo si las reservas aún son prominentes el uso de ésta tecnología permitiría su uso de manera eficaz y cuidadoso del medio ambiente.

De forma paralela, se analizó el beneficio económico a partir de las implicaciones geoeconómicas de la introducción e innovación de las biotecnologías, así como cualquier otra en el escenario mundial. Es evidente que la biotecnología industrial aplicada a la industria petrolera es un área que aun falta desarrollarse. No obstante, su sentido estratégico desde la perspectiva geoeconómica permite destacar la importancia que tiene su actual desarrollo. En este sentido es trascendental tomar en consideración, bajo el entendido de acumulación, desarrollo y crisis de los patrones tecnológicos ya existentes, que se han sumado a una lógica basada en la búsqueda de avances tecnológicos limpios; lo cual permite identificar la importancia de estudiar nuevas tecnologías y, por ende, desarrollarlas para su aplicación en otros campos. Lo anterior igualmente permite a los agentes económicos involucrados en su desarrollo, por un lado, explotar grandes cantidades de plus valor, y por otro, neutralizar las fuertes contradicciones ecológicas que han generado.

De esta manera, cabe retomar que la obtención de ciertas bacterias para el proceso industrial biotecnológico tienen mayor facilidad para su localización y cultivo, por lo cual no se puede hablar de una limitación en cuanto al acceso a biodiversidad. Además de que su cultivo y reproducción resultan poco costosos y algunas de ellas se reproducen en condiciones ambientales simples. Es así que la comercialización y uso de la biotecnología, se convierte en una tecnología complementaria poco costosa que permite alcanzar un desarrollo sustentable.

Del mismo modo con la aplicación de este tipo de tecnologías, en el sector industrial petrolero, así como en otras industrias, pretendemos amortiguar los daños a corto, mediano y largo plazo.

Como ya se ha mencionado, los daños ocasionados al medio ambiente son imposibles de erradicar a corto plazo. Sin embargo, en este periodo lo que pretendemos es llevar este conocimiento al mayor número de empresas a nivel mundial, con el fin de que a mediano plazo se pueda hacer un reajuste a sus procesos de producción. Por otro lado, cabe destacar que la crisis por la cual atraviesa el mundo en la actualidad, aunque pueda tener grandes implicaciones en el transcurso de su aplicación, no lo estancaría por completo debido a que no se requieren grandes sumas de capital para su adaptación, al contrario representa una gran oportunidad para su aplicación, debido a que es necesario dejar atrás la visión derrotista de las crisis y tomarlas como tiempos de transformaciones.

Cabe destacar las palabras de Américo Saldívar: “el pensamiento a corto plazo destruye, la rentabilidad y crecimiento de corto plazo también”³⁰⁹, es por ello que debemos de pensar a largo plazo y actuar a corto dentro de los parámetros dictados por el modelo sustentable. De este modo, a largo plazo será posible identificar cambios en las dimensiones de contaminación.

Por último consideramos necesario rescatar que este proyecto no únicamente permitió abrir un nuevo enfoque ante el uso de la biotecnología y el problema ambiental, sino que nos dejó una gran enseñanza como estudiantes e integrantes de la sociedad mundial, ya que con ello fue posible advertir que como individuos, no debemos únicamente de estudiar los problemas que afectan al mundo sino llevar a la práctica las soluciones planteadas en las aulas pues somos nosotros [las generaciones presentes] quienes hacemos y haremos la diferencia.

³⁰⁹ Américo Saldívar, “Evaluación de los costos ecológicos del agua: bases para un desarrollo sustentable en la ciudad de México”, en: Patricia Ávila García, *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*, México, El Colegio de Michoacán A.C, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, p 259.

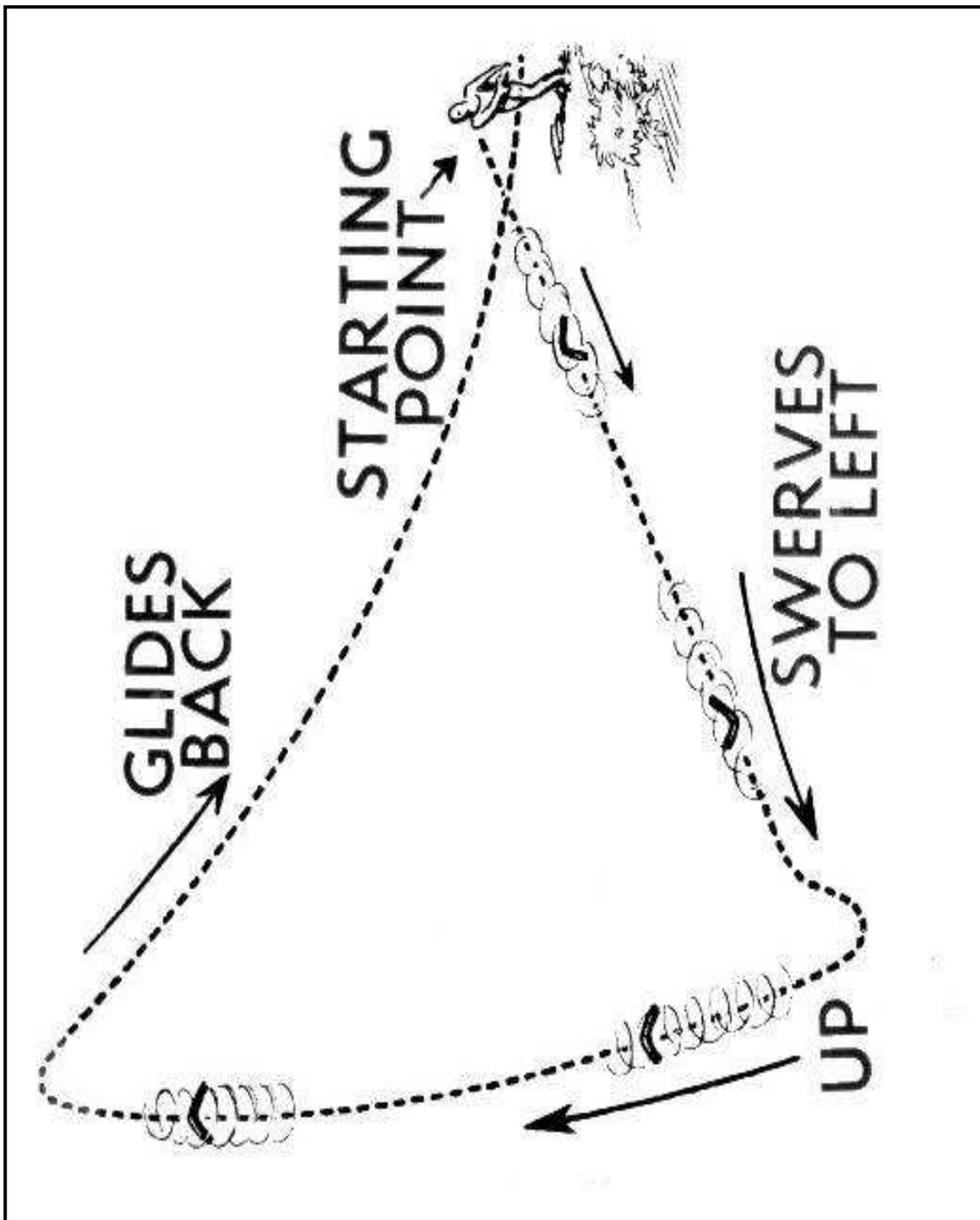
Todo lo anterior hace necesario recordar que cualquier acción, por muy pequeña que pueda parecer, puede tener grandes implicaciones para la historia de la humanidad. Es momento de preguntarnos: *¿Qué México deseamos para nuestro mañana? ¿Qué mundo queremos para nuestros hijos? y ¿Qué calidad de vida queremos tener?* No debemos olvidar que si bien, como humanidad, hemos logrado grandes avances científicos, hemos acortado distancias gracias a la aplicación de tecnologías que asombrarían a nuestros antepasados, hemos hecho del horizonte nuestra meta y del espacio infinito nuestro único límite, sin embargo somos frágiles y susceptibles a los cambios de nuestro entorno, somos y seremos un recurso finito de la naturaleza, por lo tanto reiteramos:

¿Qué mundo queremos tener mañana?

GABRIELLA ISABEL MEOLI JIMÉNEZ
HUGO JAVIER BUENROSTRO AGUILAR

Ciudad Universitaria, 2009.

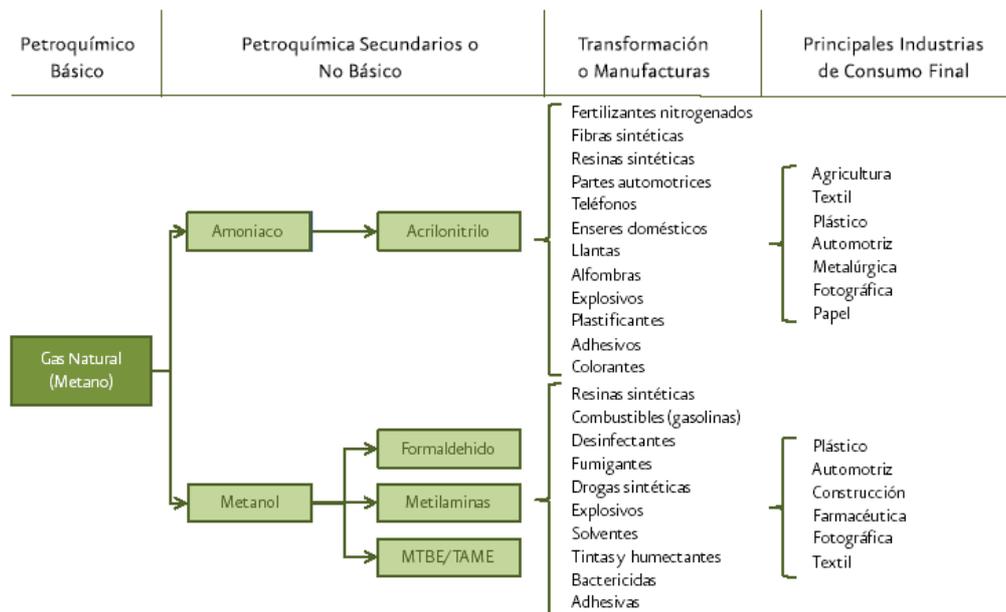
ANEXO 1



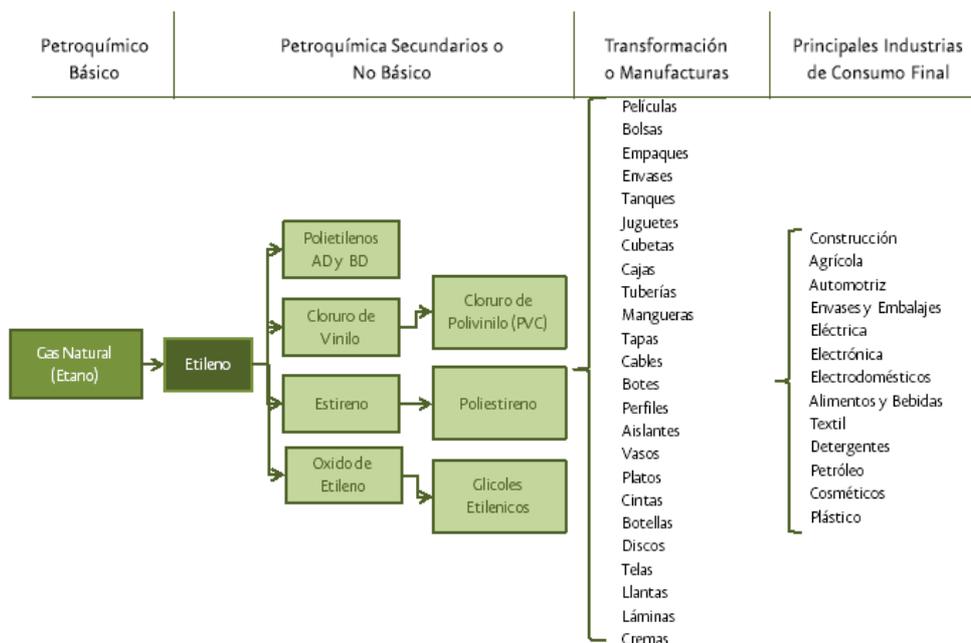
Fuente: Pearson Scott Foresman, Donado a la fundación Wikimedia, [en línea], Dirección URL: es.wikipedia.org/wiki/Boomerang, [consultado 23 de Marzo 2008].

ANEXO 2

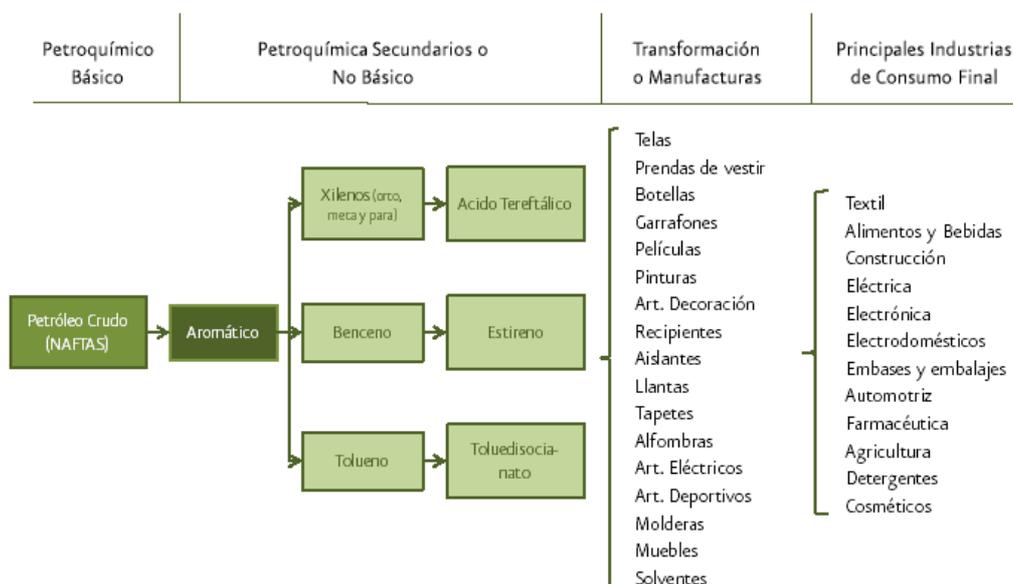
PRINCIPALES DERIVADOS DEL METANO



PRINCIPALES DERIVADOS DEL ETANO



PRINCIPALES DERIVADOS DE LAS NAFTAS
(AROMÁTICOS)



Fuente: Secretaría de Energía, Subsecretaría de Hidrocarburos, D.G. de Desarrollo Industrial de Hidrocarburos, Petroquímica, [en línea], Dirección URL: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=86>, [consultado: 22 de Julio de 2008].

ANEXO 3

Cuadro 1. Principales productos petroquímicos.

Definición	Cómo se Produce	Usos y Aplicaciones	Cómo se Transporta / Centro de Distribución
Amoniaco			
Es un gas incoloro, tiene olor intenso y sumamente irritante, es muy soluble en agua, alcohol y éter, licua fácilmente por presión, es combustible.	Proceso Haber-Bosch, a partir de gas natural.	Fertilizantes solo o en forma de compuestos como sulfato de amonio, nitrato de amonio y urea, sulfato de hidroxilamina, acrilonitrilo, fibras sintéticas y plásticos (nylon, resinas urea-formaldehído, uretano y melamina), refrigerantes, ácido nítrico, explosivos, aminas, amidas y para otros compuestos orgánicos nitrogenados que sirven como intermediarios en la industria farmacéutica.	Ducto Autotanque Carrotanque Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Cosoleacaque Guaymas
Metanol			
Líquido incoloro, altamente polar, miscible con agua, alcohol y éter, inflamable, tóxico por ingestión causa ceguera.	Se sintetiza a partir de gas natural. PPQ tiene el proceso Lurgi.	Manufactura de formaldehído y Tereftalato de dimetilo; síntesis químicas (metil aminas, cloruro de metilo, metil metacrilato), combustible de aviación; anticongelantes automotrices, solvente para nitrocelulosa, etilcelulosa, butiralpolivinilo, desnaturalizante de alcohol etílico, deshidratante de gas natural, materia prima para manufactura de proteínas sintéticas por fermentación continua, malatión, palatión metílico, salicilato de metilo, acetato de metilo, propionato de metilo, berzoato de metilo.	Autotanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Independencia
Etileno			
Gas incoloro con aroma y sabor dulce, punto de congelación de -160°C, ligeramente soluble en agua, alcohol y etil éter. Gas asfixiante. Altamente flamable y explosivo. Límite de explosividad en aire: superior 3% en volumen e inferior 32% en volúmen. Su fórmula química es: CH ₂ = CH ₂ ó C ₂ H ₄ .	Pirólisis de etano. Se opera el proceso Lummus.	Acetato de vinilo, cloruro de etilo, dicloroetano, estireno, oxido de etileno, polietilenos.	Ducto Buquetanque Autotanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Morelos Pajaritos (Ref)

Definición	Cómo se Produce	Usos y Aplicaciones	Cómo se Transporta / Centro de Distribución
Cloruro de Vinilo			
Es un gas incoloro, licua fácilmente, olor etéreo. Usualmente se maneja como líquido y se le adiciona inhibidor, es inflamable y estable, pero a temperatura elevadas en presencia de oxígeno o luz solar se polimeriza.	A partir de etileno y cloro, a través del proceso de oxiclорación de BF Goodrich. Y actualmente soportado por Oxyvinyls.	Cloruro de Polivinilo y copolímeros, Cloruro de polivinilideno (SARAN), síntesis orgánicas, adhesivos para plásticos.	Carrotanque Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Pajaritos (Ref)
Polietileno de Baja Densidad			
Homopolímero recomendado por su alta fluidez para moldear por inyección en moldes con cavidades complicadas. Este producto ofrece excelente procesabilidad y brillo.	Por la polimerización de etileno. Proceso ICI de alta presión.	bolsas (para empaque de productos de todo tipo), para elaborar rollos para envolver carne, fármacos.	Caja, autotolva, ferrotolva CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Escolín
Polietileno de Baja Densidad Lineal			
Copolímero con buteno que ofrece excelente procesabilidad, alta resistencia mecánica.	En planta Swing, tecnología Univation	bolsas, película tubular, sacos	Trailer, contenedor, autotolva, ferrotolva
Polietileno de Alta Densidad			
Copolímero grado soplado, con una distribución de peso molecular ancha. Ofrece excelente rigidez, procesabilidad, y resistencia al impacto; así como buena resistencia al agrietamiento por esfuerzo ambiental	Elaborado en la Planta Mitsui	infinidad de artículos plásticos para uso doméstico, automotriz, juguetes, etc.	Caja, autotolva, ferrotolva CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Morelos
Propileno G.P.			
Gas incoloro; soluble en alcohol y éter; ligeramente soluble en agua; baja toxicidad; altamente inflamable; límite de explosividad en el aire de 2 a 11%; P.E. -47°C; P.F. -185.2°C; G.E (líquido) 0.5139 (20/4°C); densidad de vapor a 0°C (aire=1) 1.46; P.F -162 °F; autoignición 927 °F	Pirólisis de propano.	Accesorios para baño, adhesivos para aglomerados de madera y triplay, agitadores de lavadoras, asientos y volantes automotrices, cascos de lanchas, colchones y asientos, componentes eléctricos, oxido de propileno.	Ducto Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Morelos

Definición	Cómo se Produce	Usos y Aplicaciones	Cómo se Transporta / Centro de Distribución
Propileno Grado Técnico			
Gas incoloro, se maneja como líquido a presión, Soluble en alcohol y éter, muy poco soluble en agua; altamente inflamable, olor olefinico, puede formar mezclas explosivas	Pirólisis de propano.	Polipropileno, Acrilonitrilo, Cumeno, Alcohol Isopropílico, Oxido de Propileno, Ácido Acrílico, Gasolina Polimerizada.	Ducto Buquetanque
Benceno			
Líquido incoloro, no polar, de olor característico agradable, sus vapores se queman con alta emisión de humo, forma mezclas explosivas con el aire, es tóxico por ingestión, inhalación y absorción por la piel, es poco soluble en agua, miscible con alcohol, éter, acetona, tetracloruro de carbono, disulfuro de carbono y ácido acético.	Se obtiene del reformado de naftas.	Etilbenceno (para monómero de estireno), fenol, ciclohexano (para nylon), dodecibenceno, anhídrido maléico, dicloro difenil tricloroetano (DDT), nitrobenceno (para anilina), cumeno, hexaclorobenceno, solvente, resinas, ciclohexanol, bisfenol A, alquilfenoles, desinfectantes, removedores de pintura.	Autotanque Buquetanque
Tolueno			
Líquido incoloro, olor aromático agradable. Soluble en alcohol, benceno y éter, insoluble en agua, inflamable, tóxico por ingestión, inhalación y absorción por la piel.	Se obtiene del reformado de naftas.	Gasolina de aviación y para mezclas de alto octano; Benceno, fenol y caprolactama; solvente de pinturas y recubrimientos, gomas, resinas, la mayoría de aceites, hule, vinil organosoles; diluyente y tiner en lacas de nitrocelulosa; Intermedio químico (ácido benzoico, sacarina, medicinas, perfumes; fuente de tolueno disocianatos (resinas de poliuretano); explosivos (TNT); toluensulfonato (detergentes).	Autotanque Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Pajaritos (Ref)
Xileno			
Líquido incoloro, formado por la mezcla de los isómeros, orto, meta y paraxileno, inflamable; de olor aromático, insoluble en agua, soluble en alcohol y éter.	Se obtiene del reformado de naftas.	Elaboración de cosméticos y secantes, esmaltes, lacas, síntesis de químicos orgánicos, solvente de resinas alquidálicas, solventes.	Autotanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Pajaritos (Ref)
Ortoxileno			
Incoloro, no corrosivo, insoluble en agua, aroma dulce.	Se obtiene del reformado de naftas.	PVC flexible (tuberías, revestimientos, cables, aplicaciones de uso médico).	Autotanque Carrotanque

Definición	Cómo se Produce	Usos y Aplicaciones	Cómo se Transporta / Centro de Distribución
Paraxileno			
Líquido incoloro, inflamable, olor aromático, insoluble en agua.	Se obtiene de la isomerización y cristalización de xilenos.	Poliéster botellas PET, fibras para ropa y tapizado, rayos X, material deportivo, películas de video y de cassetts de audio.	Ducto Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Cangrejera
Estireno			
Líquido incoloro, transparente, olor dulce y apariencia aceitosa, insoluble en agua; soluble en alcohol y éter. Fácilmente polimeriza cuando es expuesto al calor, luz o a catalizadores de peróxido. La polimerización es exotérmica y puede dar riesgo de explosión. Es inflamable e inestable, se maneja inhibido, moderadamente tóxico por ingestión e inhalación.	A partir de etileno y benceno, mediante el proceso catalítico Monsanto-Lummus.	Copolímero de estireno ABS SAN, fibras, láminas de fibra de vidrio, poliestireno cristal, expansible e impacto, resinas, resinas poliéster, sistemas de aislamiento, tabletas electrónicas.	Autotanque Buquetanque CENTRO DE DISTRIBUCIÓN Cangrejera Pajaritos (Ref)

FUENTE: Petróleos Mexicanos.

En: Secretaría de Energía, Subsecretaría de Hidrocarburos, D.G. de Desarrollo Industrial de Hidrocarburos, Petroquímica, [en línea], <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=86>, [consultado: 22 de Julio de 2008].

ANEXO 4

Estas son las empresas instaladas en la región azotada por el huracán Katrina (varias empresas contaban con más de una planta en la zona) y da una idea de la gran variedad de sustancias que han sido liberadas al entorno.

ACORDIS CELLULOSIC FIBERS INC.	EVERWOOD TREATMENT CO	East Bank Wastewater Treatment Plant
AKZO NOBEL FUNCTIONAL CHEMICALS	BREDERO SHAW LLC	Equitable Shipyard LLC
AMVAC CHEMICAL CO	DEGUSSA CORP	GE II NEW ORLEANS SVC CNTR
Arkema Inc. - Mobile Facility	HOLCIM (US) INC THEODORE AL PLANT	GULF WIRE CORP
ATOFINA CHEMICALS INC	INDUSTRIAL LININGS INC	LSU HEALTH SCIENCES CENTER
DUPONT-MOBILE SITE	INEOS PHENOL	LSU MEDICAL SCHOOL
IPSCO STEEL (ALABAMA) INC	KERR-MCGEE CHEMICAL LTD	M/S CONQUEST
LeMoynes Site	LIABILITY CORP	M/S INSPIRATION
BALDWIN POLE & PILING CO INC	MIDSTREAM FUEL SERVICE INC	MEDICAL CENTER OF LA AT NEW ORLEANS
CITATION ALUMINUM L.L.C.	THEODORE	NASA MICHOU D ASSEMBLY FACILITY
CROMPTON MANUFACTURING CO INC	MITSUBISHI POLYCRYSTALLINE SILICON AMERICAN CORP	New Orleans Cold Storage
PLASMINE TECHNOLOGY INC	MOBILE PAINT MANUFACTURING Praxair - Theodore, AL	SPECTRUM CONTROL TECHNOLOGY INC
Barry Combined Cycle Electric Generating Facility	TAYLOR-WHARTON/HARSCO Theodore Cogeneration Plant	STRIP EASE OF NEW ORLEANS, INC.
IB NITROGEN INC	SAFETY-KLEEN SYSTEMS, INC.	TRINITY YACHTS, INC.
SOUTHERN CO BARRY STEAM PLANT	BOASSO AMERICA CORPORATION	TULANE UNIVERSITY MEDICAL SCHOOL
SYNGENTA CROP PROTECTION, INC.	NAN YA PLASTICS CORP AMERICA	U.S. MARINE INC.
US AMINES LLC BUCKS PLANT	CHEVRON ORONITE CO LLC	U.S. NAVY NAVAL AIR STATION
TRIGEANT EP, LTD. CHICKASAW REFINERY	CMP COATINGS INC.	JOINT RESERVE BASE NEW ORLEANS
UOP LLC MOBILE PLANT	CONOCOPHILLIPS CO - ALLIANCE REFINERY	UNIVERSITY OF NEW ORLEANS
Churchula Gas Plant	CRESCENT ANALYTICAL LABORATORY, INC.	US GYPSUM CO
GULF COAST GALVANIZING INC	HOBSON GALVANIZING INC.	US NASA / LOCKHEED MARTIN
INTERNATIONAL PAPER CO	JOTUN PAINTS INC.	Westbank Sewage Treatment Plant
Mobile Bay Gas Plant	KENCOIL INC	XAVIER UNIVERSITY OF LOUISIANA
Williams Mobile Bay Gas Plant	NAVAL AIR STATION, JOINT RESERVE BASE	Big Cajun 2 Power Plant
Yellowhammer Plant	POINT EIGHT POWER	New Roads Wastewater Treatment Plant
Hatters Pond Gas Plant	TULANE UNIVERSITY HEBERT CENTER	St. Charles Parish Waterworks District 1
RENTOKIL INITIAL ENVIRONMENTAL SERVICES	BARRIERE CONSTRUCTION	VALERO REFINING NEW ORLEANS LLC
SUTTLES TRUCK LEASING LLC	BOUTTE PLANT 625	AIR LIQUIDE AMERICA CORP
KITCHEN & BATH CENTER	AMAX METALS RECOVERY INC	CYPRESS CATALYST PLANT, UCC
DELPHI PACKARD ELECTRIC SYSTEM	STOLTHAVEN NEW ORLEANS, LLC.	CYPRESS POLYPROPYLENE PLANT, UCC
PEAVY ELECTRONICS CORP	BOASSO AMERICA CORPORATION	MOTIVA ENTERPRISES LLC - NORCO REFINERY
PLANT 20	CHALMETTE REFINING LLC	Norco Chemical Plant - East Site
ROHR INC DBA GOODRICH	Gulf Liquids Chalmette Gas Plant	Norco Chemical Plant - West Site
SAFETY COATINGS INC	St. Bernard Parish Water Treatment Plant	Norco Fractionation Plant
VULCAN, INC.	BUNGE NORTH AMERICA INC	RESOLUTION PERFORMANCE PRODUCTS LLC
Agrilience - AFC LLC - Union Church	Edgard Potable Water Plant	SHELL NORCO CHEMICAL PLANT - EAST SIDE
GREAT SOUTHERN WOOD PRESERVING INC	DAYBROOK FISHERIES INC.	SHELL NORCO CHEMICAL PLANT - WEST SIDE
GULF COAST PAINT MANUFACTURING INC	BIG RIVER INDUSTRIES - GRAVELITE	St. Charles Operations Cypress Catalyst Plant
ALABAMA BULK TERMINAL CO A CORP	DYNAMIC INDUSTRIES FOURCHON	St. Charles Operations Cypress Polypropylene Plant
ALABAMA SHIPYARD INC	MARATHON ASHLAND PETROLEUM LLC	UNION CARBIDE CORP CYPRESS CATALYST PLANT
ALL PLASTICS & FIBERGLASS INC.	NALCO COMPANY	
ARMSTRONG WORLD INDUSTRIES	ONDEO NALCO CO	
ASHLAND DISTRIBUTION CO	PINNACLE POLYMERS CO	
ATLANTIC MARINE INC	STOCKHAUSEN LOUISIANA LLC	
Atlas Cold Storage	CHEVRON USA LEEVILLE	
BENDER SHIPBUILDING & REPAIR CO INC	SHELL OFFSHORE INC. - FOURCHON TERMINAL	

CHEVRON Clifton C. Williams Wastewater Treatment Facility	NEXEN CHEMICALS, USA OCCIDENTAL CHEMICAL CORP PRAXAIR DISTRIBUTION INC T. T. BARGE SERVICE MILE 125, INC.	UNION CARBIDE CORP CYPRESS POLYPROPYLENE PLANT VALERO ST. CHARLES REFINERY BRIDGELINE GAS DISTRIBUTION, LLC PARADIS Paradis Gas Processing Plant POLYCHEMIE (PEARL RIVER PLANT) MI C-PORT 1 MI PORT FOURCHON SHOREBASE FACILITY
CYTEC INDUSTRIES INC. DPC ENTERPRISES E. Morgan Stickney Water Treatment Facility	UNION CARBON CORP TAFT/STAR MANUFACTURING PLANT CROMPTON CORP POLYMER ADDITIVES DIV ENTERGY WATERFORD 1-3 COMPLEX	DATA CHEM INC. DPC ENTERPRISES Lyons Water plant TOMAH RESERVE INC Ruddock Water Well DELTA PETROLEUM CO INC SHELL CHEMICAL L.P. ST ROSE FACILITY
EAGLE CHEMICAL CO INC GULF LUMBER CO Harcros Chemicals Inc. - Mobile Harry E Meyers Water Filtration Facility	BAYOU STEEL CORP DUPONT PONTCHARTRAIN WORKS BAYOU STEEL CORPORATION DUPONT DOW ELASTOMERS PONTCHARTRAIN SITE River Road Treatment Plant SAYBOLT LP DELTA ANALYTICAL CENTER	CAPITOL STEEL-SLIDELL City of Slidell - Robert Road Water Tower GULF STATE MARBLE INC KIK (LOUISIANA) INC Western Slidell LLC INTERNATIONAL MATEX TANK TERMINAL
HPP MOBILE Industrial Chemicals Inc. KIMBERLY-CLARK CORP MASONITE MOBILE PLANT MIDSTREAM FUEL SERVICE INC BLAKELEY ISLAND MOBILE AEROSPACE ENGINEERING INC	Woodland Treatment Plant BOLLINGER LAROSE LLC Larose Gas Processing Plant NORTH AMERICAN SHIPBUILDING TETLP - LAROSE BOLLINGER SHIPYARDS LOCKPORT LLC Lafourche Parish Water District No. 1- South Plant	INTERTEK TESTING SERVICES CALEB BRETT SHELL ST. ROSE REFINERY Toca Gas Plant Yscloskey Plant Norco Chemical Plant - St. Rose Site Crompton Taft Plant Koch Nitrogen Company - Taft Terminal
MOBILE ENERGY SERVICES LLC MOBILE PAPERBOARD CORP Mobile Refrigerated Services MOBILE ROSIN OIL CO INC Mobile Solvent & Supply, Inc. OCCIDENTAL CHEMICAL CORP RUBBER & PLASTIC APPLICATORS INC	VALENTINE PAPER INC Luling Oxidation Pond MONSANTO COMPANY Monsanto Company Luling Plant OCCIDENTAL CHEMICAL CORP LULING RHODIA, INC. St. Charles Parish Waterworks District 2	SHELL TAFT PLANT UNION CARBIDE CORPORATION TAFT/ STAR COMPLEX Western International Gas - Taft Pacific Enterprises SW Lake Boeuf Facility CAMECO INDUSTRIES - THIBODAUX FACILITY GAUBERT OIL CO INC Lafourche Parish Water District No.1 - North Plant
Shell Chemical LP (Mobile Site) TELEDYNE CONTINENTAL MOTORS TRIGEANT EP LTD MOBILE TERMINAL U.S. COAST GUARD GROUP MOBILE UNIVERSITY OF SOUTH ALABAMA MAIN CAMPUS	Diversified Foods & Seasonings, Inc. TRINITY MARINE PRODUCTS INC MARBLE QUARRY INC Munster Wastewater Treatment Plant MURPHY OIL USA INC MERAUX REFINERY AIR PRODUCTS & CHEMICALS INC (NEW ORLEANS LA FACILITY) Air Products, New Orleans H2/NH3/CI2 Algiers Water Purification Plant	QPL INC CHEVRON USA VENICE DYNEGY MIDSTREAM SERVICES LP MI VENICE III SHOREBASE FACILITY Venice Complex TETLP-NEW ROADS Violet Wastewater Treatment Plant ALCAN CABLE GENERAL ELECTRIC PLASTICS Gulf Coast Fabrications, LLC. West Biloxi Wastewater Treatment Plant
Wright Smith, Jr. Wastewater Treatment Facility Orange Beach Water Treatment Plant BITTNER INDUSTRIES INC Carlos A Morris WWTP Stanley Brooks WWTP Robertsdale, AL 142 SHELL CHEMICAL LP (U.S. ARMY CAMP SHELBY TRAINING SITE RANGE CONTROL D'Iberville Wastewater Treatment Plant Daniel Electric Generating Plant MISSISSIPPI POWER CO PLANT DANIEL VT HALTER MARINE- MPM OPER Gautier Regional WWTP	Alvar Street Facility BOLLINGER GULF REPAIR LLC Brown's Dairy Carrollton Water Purification Plant MISSISSIPPI POLYMER TECHNOLOGIES INC POLYCHEMIE, INC. VT HALTER MARINE- PORT BIENVILLE OPER WELLMAN OF MISSISSIPPI INC GE Plastics - Bay St. Louis MISSISSIPPI POLYMER TECHNOLOGIES, INC. HOOD INDUSTRIES INC Bay Vista Fire Station Water Well Bradford Street Water Well Debuys Road Water Well ERSHIGS BILOXI INC. Father Ryan Avenue Water Well Greater Avenue Water Well Iberville Drive Water Well Keegan Bayou Wastewater Treatment	NGMS-DOL-CIF RESINALL MISSISSIPPI INC SOUTHERN WOOD PRESERVING OF HA TTIESBURG INC USA YEAST LLC YORK INTERNATIONAL ZEON CHEMICALS LP MISSISSIPPI PLANT KEESLER AFB, 81 CES/CEV AMERICAN TANK & VESSEL INC.
Channel Chemical Corporation HARTSON-KENNEDY CABINET TOP CO INC HYDRO CARBIDE INC MISSISSIPPI POWER CO PLANT WATSON NAVAL CONSTRUCTION BATTALION CENTER24 NORTHROP GRUMMAN SHIP SYSTEMS, INC. South Gulfport Wastewater Treatment Plant STRUTHERS INDUSTRIES INC TABER METALS GULFPORT L.P VT HALTER MARINE-GULFPORT OPER WARING OIL CO Hattiesburg South Lagoon		

Hattiesburg Water Plant #1
 Hattiesburg Water Plant #2
 HERCULES INC
 HPP HATTIESBURG
 KOHLER CO
 MARSHALL DURBIN PROCESSING
 PLANT HATTIESBURG MS
 PRICE BROTHERS CO
 HATTIESBURG MS
 MOBILE SITE)
 ROHM AND HAAS ELECTRONIC
 MATERIALS
 VT HALTER MARINE-HMP OPER
 Sue Ellen Street Water Well Site
 GEORGIA-PACIFIC CORP SAWMILL
 Leaf River Cellulose, LLC
 West Jackson County WWTP
 CHEVRON PRODUCTS CO
 PASCAGOULA REFINERY
 CHEVRON PRODUCTS COMPANY
 FIRST CHEMICAL CORP
 MIDSTREAM FUEL SERVICE INC
 PASCAGOULA TERMINAL
 MISSISSIPPI PHOSPHATES CORP
 NAVAL STATION PASCAGOULA
 NORTHROP GRUMMAN SHIP
 SYSTEMS, INC.
 HOOD INDUSTRIES INC
 INTERNATIONAL PAPER CO

Plant
 Kuhn Street Water Well
 Lakeview Water Well
 LIGHTHOUSE MARBLE
 Maple Street Water Well
 Park Drive Water Well
 Pine Street Water Well
 Poppo Ferry Fire Station Water Well
 Porter Avenue Water Well
 Tullis Manor Water Well
 Vee Street Water Well
 WALGREENS #4172
 EXXONMOBIL OIL CORP
 HATTIESBURG TERMINAL
 Hattiesburg LPG Storage Facility
 Hattiesburg Terminal
 Suburban Propane _Hattiesburg Ms
 ARIZONA CHEMICAL CO PICAYUNE
 VALSPAR REFINISH INC
 HESS PURVIS TERMINAL
 R. D. MORROW SR. GENERATING
 PLANT
 AMERICAN WOOD - DIVISION OF
 POWE TIMBER
 POWE TIMBER CO AMERICAN
 WOOD DIV
 JOHN C. STENNIS SPACE CENTER
 NASA JOHN C. STENNIS SPACE
 CENTER

HUNT SOUTHLAND REFINING CO
 LUMBERTON
 LOFLAND MISSISSIPPI
 GENERAL DYNAMICS ARMANENT
 SYSTEMS
 Amoco Road Water Well Site
 AUTOMATIC PROCESSING INC
 Bellview Street Water Well Site
 Community Street Water Well Site
 DESTIN PIPELINE, LLC
 Howze Street Water Well Site
 MORTON INTERNATIONAL A ROHM
 AND HAAS CO.
 MS Highway 613 Water Well
 Neese Lane Water Well Site
 OMEGA PROTEIN INC
 Pascagoula Gas Plant
 Payne Street Water Well Site
 Pascagoula / Moss Point WWTP
 ROLLS-ROYCE NAVAL MARINE INC
 SIGNAL INTERNATIONAL, LLC
 VT HALTER MARINE- PASCAGOULA
 OPER
 DU PONT DELISLE PLANT
 E.I. DU PONT DE NEMOURS AND
 CO
 Long Beach / Pass Christian
 Treatment Plant
 POLYCHEMIE (PORT BIENVILLE
 PLANT)
 Diversified CPC International, Inc
 Dufour Petroleum
 Enterprise Products Operating L.P. -
 Petal, MS
 DESOTO TREATED MATERIALS INC

*Fuente: Greenpeace, La Katrina tóxica, la otra catástrofe, 15 septiembre 2005, [en línea],
 Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/news/la-katrina-t-xica-la-otra-cat-2>, [consultado:
 1 de Abril 2009].*

ANEXO 5

Figure 1a
Latin America & Caribbean: Country area impacted¹²

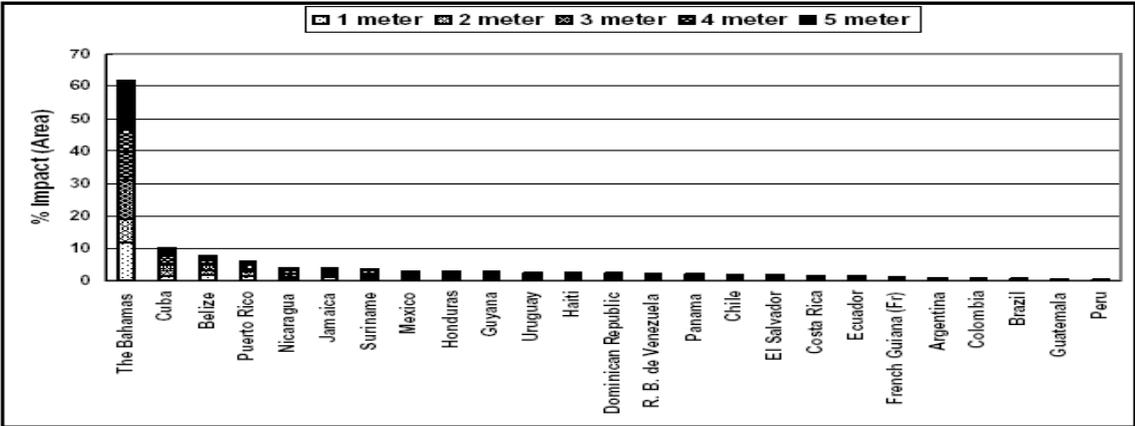


Figure 1e
Latin America & Caribbean: Urban extent impacted

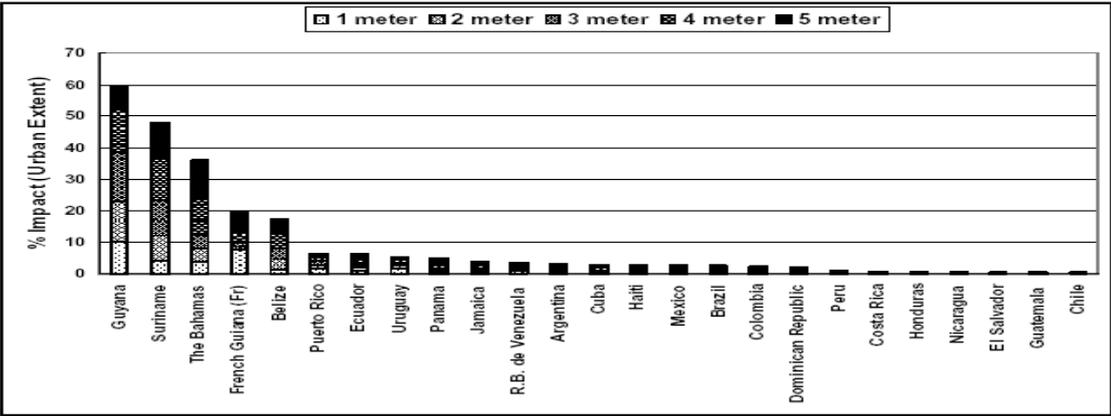


Figure 2a
Middle East and North Africa region: Country area impacted

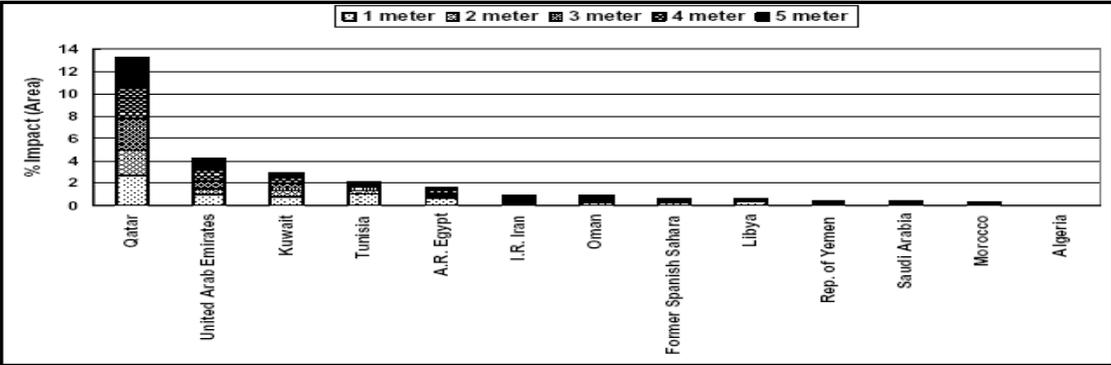


Figure 2e
Middle East and North Africa: Urban extent impacted

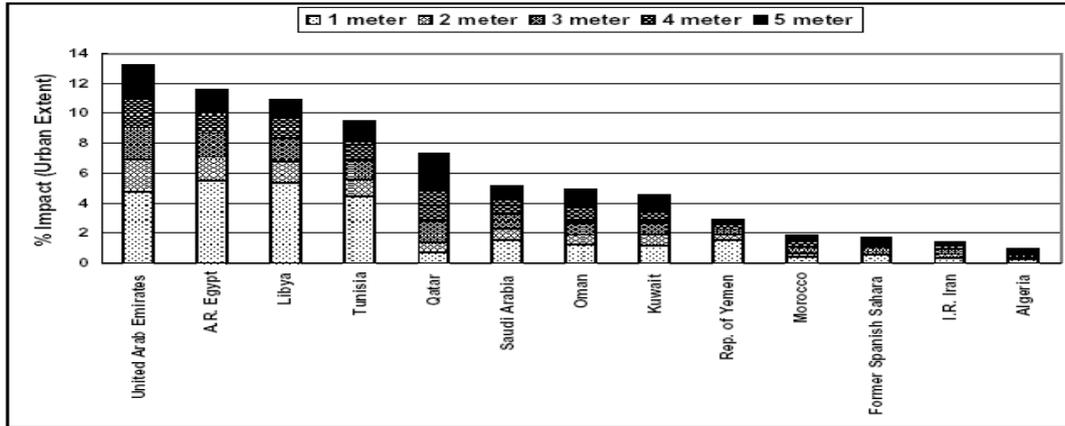


Figure 3a
Sub-Saharan Africa: Country area impacted

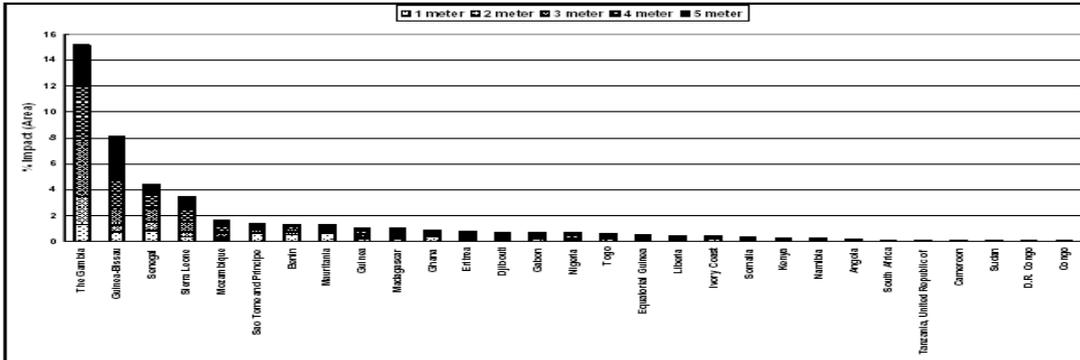


Figure 3e
Sub-Saharan Africa: Urban extent impacted

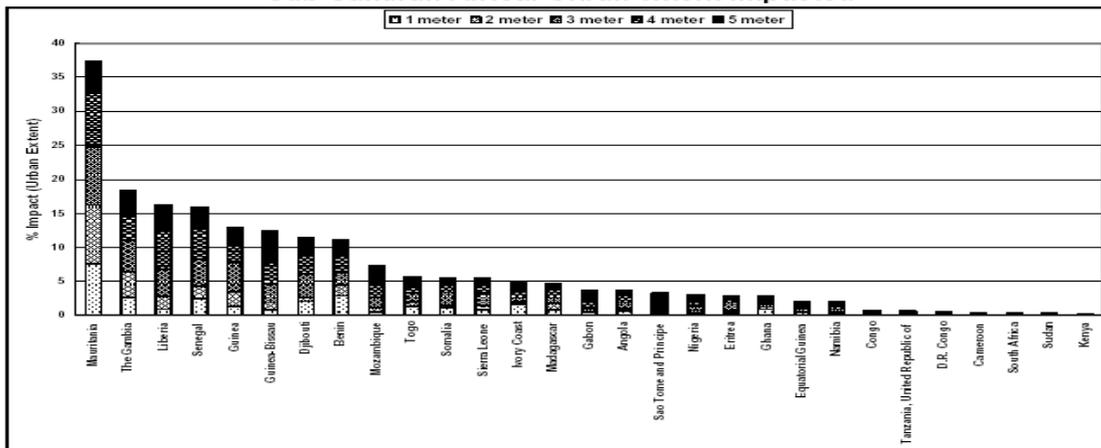


Figure 4a
East Asia: Country area impacted

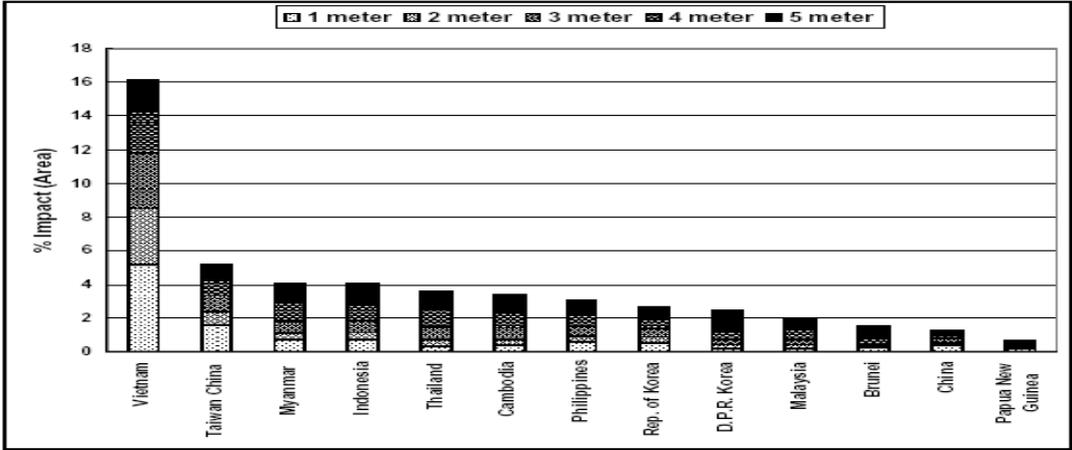


Figure 4f
East Asia: Urban extent impacted

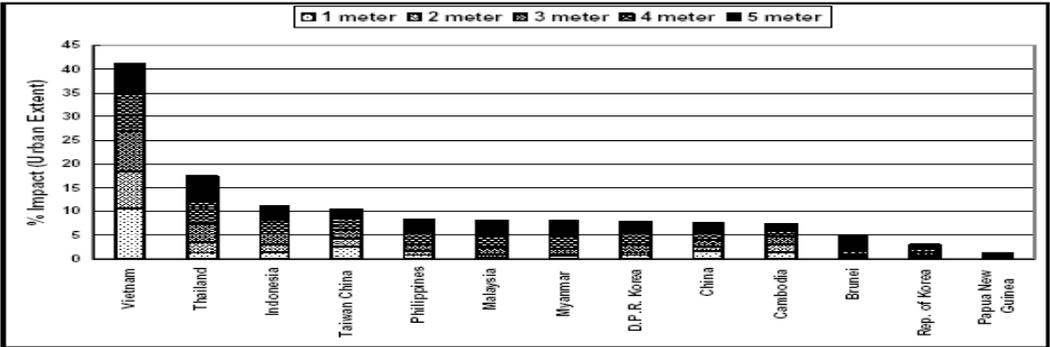
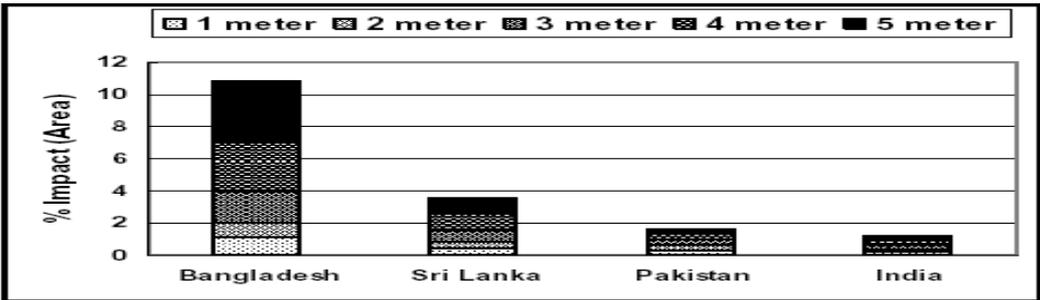
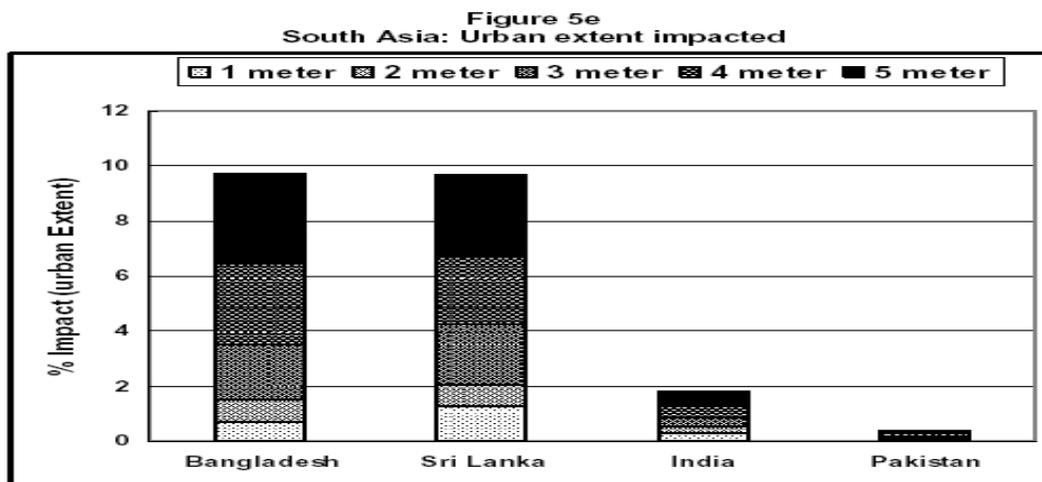


Figure 5a
South Asia: Country area impacted

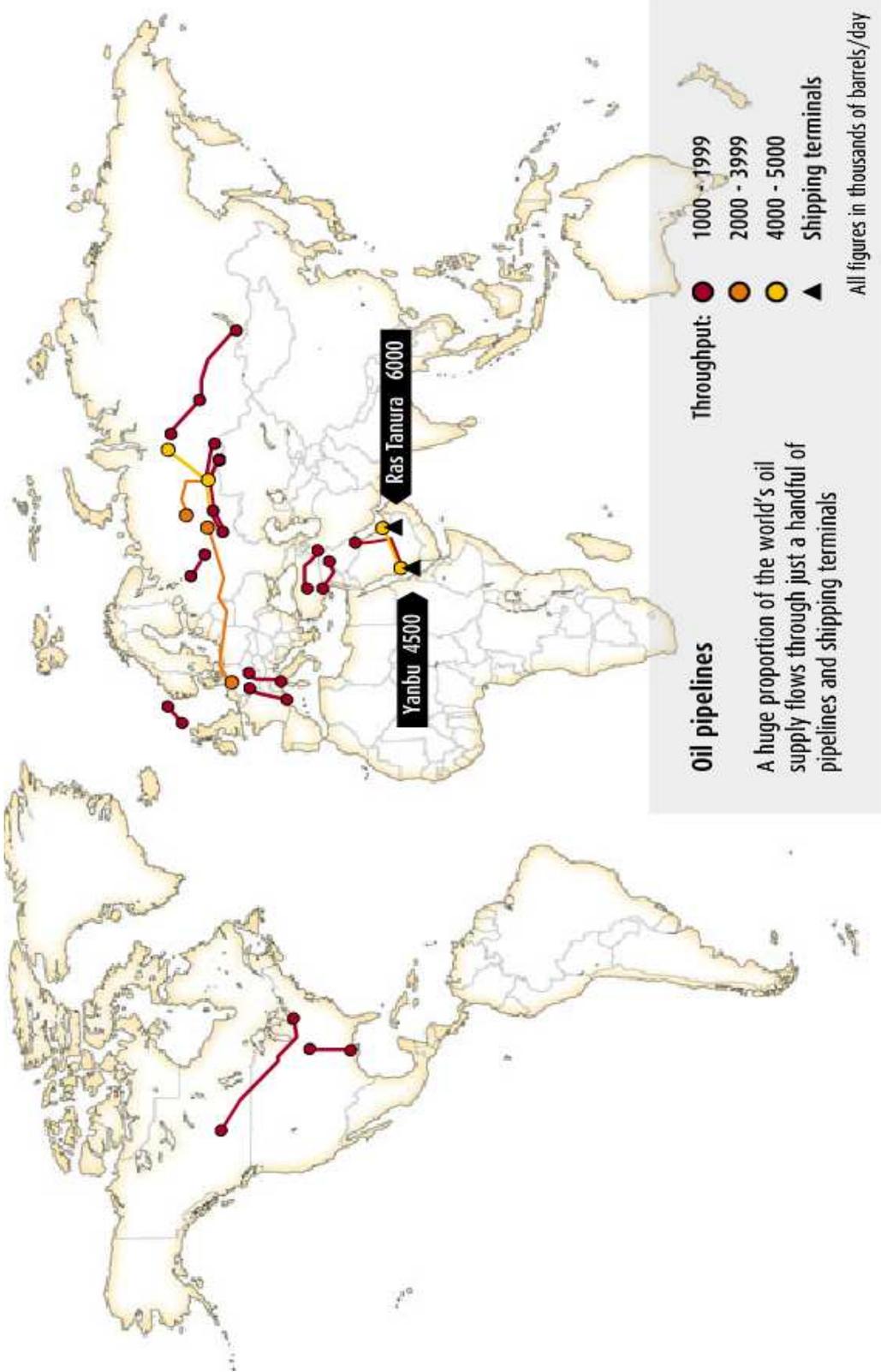




Fuente: Susmita Dasgupta, *et. al.*, *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis*, World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007, p. 10-40.

ANEXO 6

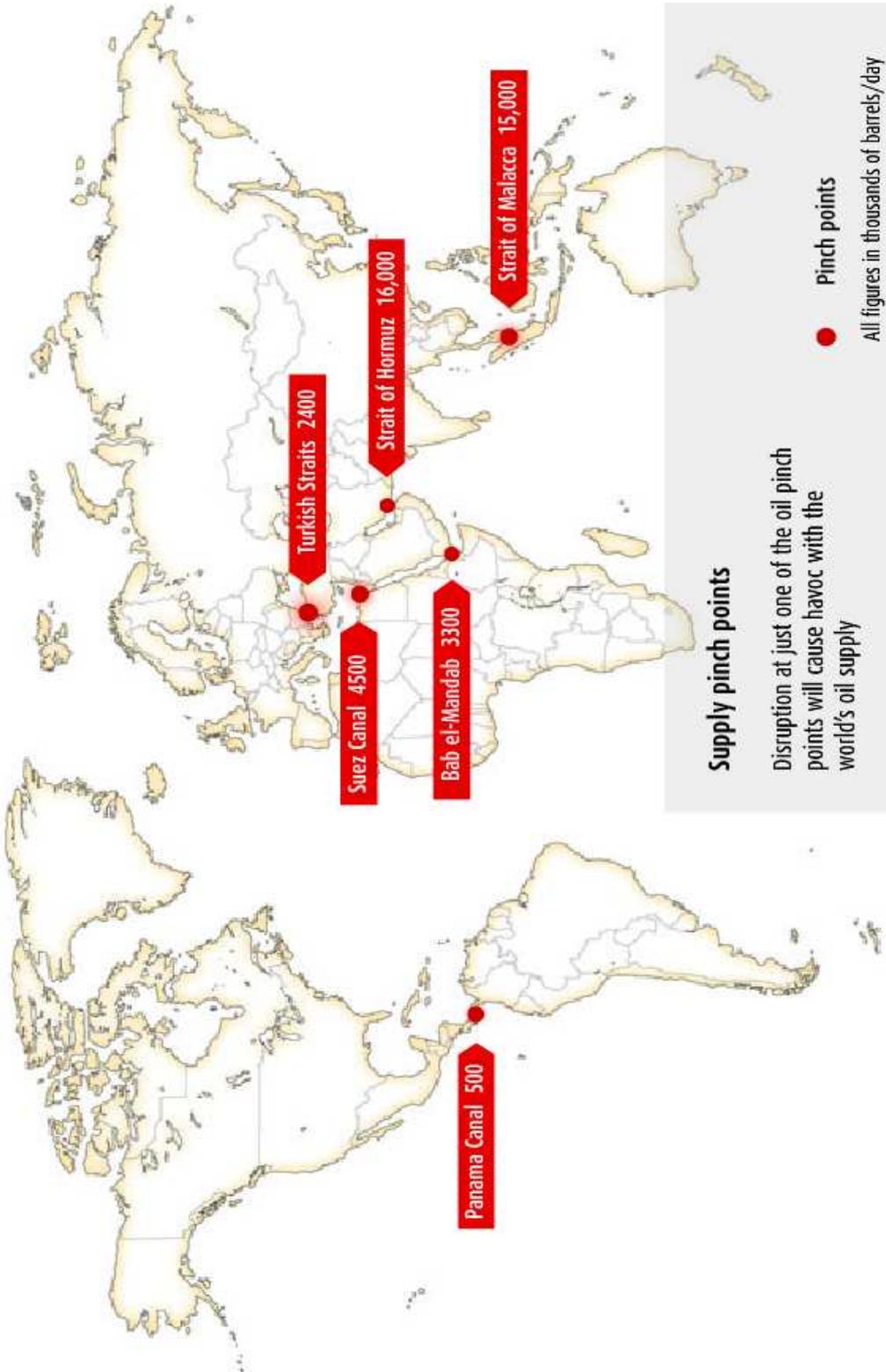
Ubicación de oleoductos internacionales más importantes



Fuente: David Cohen, Nigel Hawtin y Cathy Tollet; "Oil: danger zones", [en línea]. New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008. Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mgt19826621500-oil-danger-zones>. [consulta: 10 de abril de 2009].

ANEXO 7

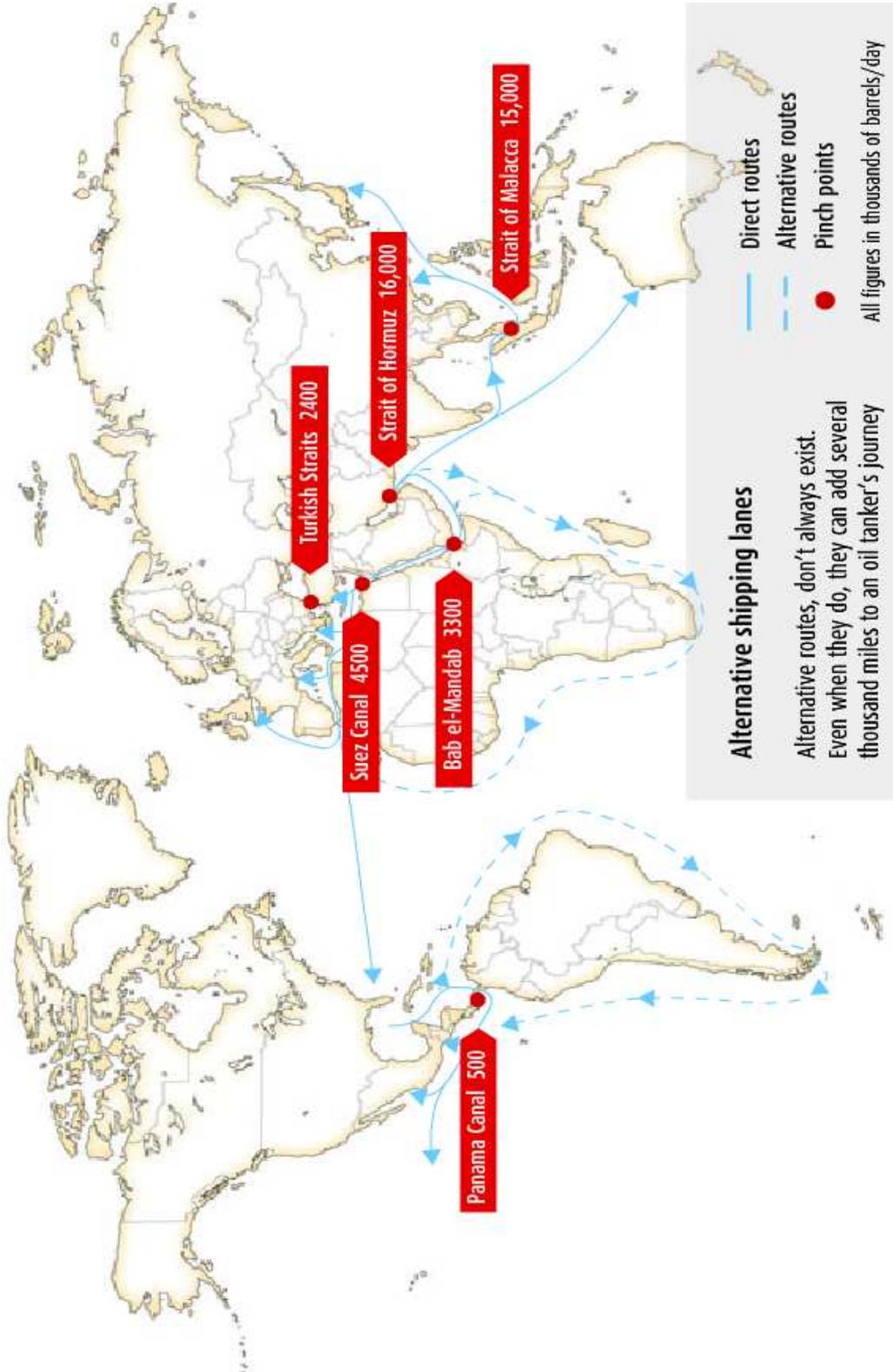
Ubicación de las infraestructuras de suministro internacional más importantes



Fuente: David Cohen, Nigel Hawtin y Cathy Tollet; "Oil: danger zones", [en línea]. New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008. Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mg19826621500-oil-danger-zones>, [consulta: 10 de abril de 2009].

ANEXO 8

Rutas marítimas directas y alternativas de suministro petrolero internacional más importantes



Fuente: David Cohen, Nigel Hawtin y Cathy Tollet; "Oil: danger zones", [en línea]. New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008. Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mg19826621500-oil-danger-zones>. [consulta: 10 de abril de 2009].

ANEXO 9

Principales productores de petróleo a nivel internacional



Fuente: David Cohen, Nigel Hawtin y Cathy Tollet; "Oil: danger zones", [en línea], New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008. Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mg19826621500-oil-danger-zones>, [consulta: 10 de abril de 2009].

ANEXO 10

Principales consumidores de petróleo a nivel internacional



Fuente: David Cohen, Nigel Hawtin y Cathy Tollet, "Oil: danger zones", [en línea]. New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008. Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mq19826621500-oil-danger-zones>, [consulta: 10 de abril de 2009].

ANEXO 11

NORMAS OFICIALES MEXICANAS AMBIENTALES RELACIONADAS CON LAS ACTIVIDADES DE LA INDUSTRIA PETROLERA¹

Norma	Contenido
NOM-041-SEMARNAT-1999	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina como combustible.
NOM-044-SEMARNAT-2006 / NOM-042-SEMARNAT-2003	Establece los niveles máximos permisibles de hidrocarburos totales, hidrocarburos no metano, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores nuevos con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
NOM- 115-SEMARNAT-2003	Establece las especificaciones de protección ambiental que deben observarse en las actividades de perforación y mantenimiento de pozos petroleros terrestres para exploración y producción en zonas agrícolas, ganaderas y crías fuera de áreas naturales protegidas o terrenos forestales.
NOM- 116-SEMARNAT-2005	Establece las especificaciones de protección ambiental para prospecciones sismológicas terrestres que se realicen en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.
NOM- 117-SEMARNAT-1998	Establece las especificaciones de protección ambiental para la instalación y mantenimiento mayor de los sistemas para el transporte y distribución de hidrocarburos y petroquímicos en estado líquido y gaseoso, que se realicen en derechos de vía terrestres ubicados en zonas agrícolas, ganaderas y eriales.
NOM- 137-SEMARNAT-2003	Contaminación atmosférica.- Plantas desulfuradoras de gas y condensados amargos.- Control de emisiones de compuestos de azufre.
NOM- 138-SEMARNAT/SS-2003	Establece los límites máximos permisibles de hidrocarburos en suelos y las especificaciones para su caracterización y remediación.
NOM- 143-SEMARNAT-2003	Establece las especificaciones ambientales para el manejo de agua congénita asociada a hidrocarburos.
NOM- 145-SEMARNAT-2003	Establece las especificaciones técnicas para la protección al medio ambiente durante la selección del sitio, la construcción, operación y cierre de confinamientos de residuos en cavidades construidas por disolución en domos salinos geológicamente estables y en cavidades preexistentes en domos salinos.
NOM- 148-SEMARNAT-2006	Establece los requisitos para la recuperación de azufre proveniente de los procesos de refinación de petróleo con el fin de reducir las emisiones de compuestos de azufre a la atmósfera. Establece también el método de cálculo correspondiente.
NOM- 149-SEMARNAT-2006	Establece las especificaciones de protección ambiental que

	deben observarse en las actividades de perforación, mantenimiento y abandono de pozos petroleros en las zonas marinas mexicanas.
Emisiones Atmosféricas de Fuentes Fijas	
NOM-043-ECOL-1993	Establece los niveles permisibles de emisión a la atmósfera de partículas sólidas provenientes de fuentes fijas.
NOM-075-ECOL-1995	Se refiere a los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de compuestos orgánicos volátiles provenientes del proceso de separadores agua-aceite de las refinerías de petróleo.
NOM-085-ECOL-1994	Se aplica para las fuentes fijas que utilizan combustibles fósiles sólidos, líquidos o gaseosos o cualquiera de sus combinaciones, y establece los niveles máximos permisibles de emisión a la atmósfera de humos, partículas suspendidas totales, bióxido de azufre y óxidos de nitrógeno y los requisitos y condiciones para la operación de los equipos de calentamiento indirecto por combustión, así como los niveles máximos permisibles de emisión de bióxidos de azufre en los equipos de calentamiento directo por combustión.
NOM-086-ECOL-1994	Establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos, que se usan en las fuentes fijas y móviles. Con respecto al combustóleo, la norma establece que a partir del primero de enero de 1998 el combustóleo pesado deberá tener un contenido máximo de azufre de 4% en peso, el hidrotratado para la Zona Metropolitana del Valle de México 1%, y en las demás zonas definidas como críticas, se podrá disponer de un combustible ligero con 2% de contenido máximo de azufre, con excepción de las comprendidas en la zona de influencia de la refinería de Cadereyta.
Emisiones a la Atmósfera de Fuentes Móviles	
NOM-041-ECOL-1999	Establece los límites máximos permisibles de emisión de gases contaminantes provenientes del escape de vehículos que usan gasolina como combustible.
NOM-042-ECOL-1999	Establece los límites máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno y partículas suspendidas provenientes del escape de vehículos automotores nuevos en planta, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y diesel de los mismos, con peso bruto vehicular que no exceda los 3,856 kilogramos.
NOM-044-ECOL-1993	Trata sobre los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono, óxidos de nitrógeno, partículas suspendidas totales y opacidad de humo provenientes del escape de motores nuevos que usan diesel como combustible y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos.
NOM-045-ECOL-1996	Establece los niveles máximos permisibles de opacidad del humo proveniente del escape de vehículos automotores en circulación que usan diesel o mezclas que incluyan diesel como combustible.

NOM-047-ECOL-1999	Dicta las características del equipo y el procedimiento de medición para la verificación de los límites de emisión de contaminantes, provenientes de los vehículos automotores en circulación que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural u otros combustibles alternos.
NOM-048-ECOL-1993	Implanta los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos, monóxido de carbono y humo, provenientes del escape de las motocicletas en circulación que utilizan gasolina o mezcla de gasolina - aceite como combustible.
NOM-049-ECOL-1993	Se refiere a las características del equipo y el procedimiento de medición, para la verificación de los niveles de emisión de gases contaminantes, provenientes de las motocicletas en circulación que usan gasolina o mezcla de gasolina-aceite como combustible.
NOM-076-ECOL-1995	Establece los niveles máximos permisibles de emisión de hidrocarburos no quemados, monóxido de carbono y óxidos de nitrógeno provenientes del escape, así como de hidrocarburos evaporativos provenientes del sistema de combustible, que usan gasolina, gas licuado de petróleo, gas natural y otros combustibles alternos y que se utilizarán para la propulsión de vehículos automotores, con peso bruto vehicular mayor de 3,857 kilogramos nuevos en planta.
NOM-077-ECOL-1995	Versa sobre el procedimiento de medición para la verificación de los niveles de emisión de la opacidad del humo proveniente del escape de los vehículos automotores en circulación que usan diesel como combustible.
Calidad de los Combustibles	
NOM-051-ECOL-1993	Hace referencia al nivel máximo permisible en peso de azufre, en el combustible líquido gasóleo industrial que se consume por las fuentes fijas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
NOM-086-ECOL-1994	Establece las especificaciones sobre protección ambiental que deben reunir los combustibles fósiles líquidos y gaseosos ⁷ que se usan en las fuentes fijas y móviles. Con respecto al combustóleo, la norma establece que a partir del primero de enero de 1998 el combustóleo pesado deberá tener un contenido máximo de azufre de 4% en peso, el hidrotreatado para la Zona Metropolitana de la Ciudad de México 1%, y en las demás zonas definidas como críticas se podrá disponer de un combustible ligero con 2% de contenido máximo de azufre.
NOM-118-ECOL-1997	Se refiere a las especificaciones de protección ambiental que debe reunir el gas licuado de petróleo que se utiliza en las fuentes fijas ubicadas en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.
Mediciones de Concentraciones	
NOM-034-ECOL-1993	Establece los métodos de medición para determinar la concentración de monóxido de carbono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
NOM-035-ECOL-1993	Hace referencia a los métodos de medición para determinar la concentración de partículas suspendidas totales en el aire ambiente y el procedimiento para la calibración de los equipos de medición.

NOM-036-ECOL-1993	Dicta los métodos de medición para determinar la concentración de ozono en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
NOM-037-ECOL-1993	Establece los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de nitrógeno en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
NOM-038-ECOL-1993	Trata sobre los métodos de medición para determinar la concentración de bióxido de azufre en el aire ambiente y los procedimientos para la calibración de los equipos de medición.
Residuos Peligrosos	
NOM-052-ECOL-1993	Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-053-ECOL-1993	Dicta el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.
NOM-054-ECOL-1993	Versa sobre el procedimiento para determinar la incompatibilidad entre dos o más residuos considerados como peligrosos por la Norma Oficial Mexicana.
Otras	
NOM-009-ENER-1995	Está relacionada con el consumo de energía térmica que, en ciertos casos, se deriva de los petrolíferos.
NOM-086-SEMARNAT-SENER-SCFI-2005	Las especificaciones de los combustibles fósiles, citados en dicha norma, tienen por objeto disminuir significativamente las emisiones a la atmósfera, acorde con las características de los equipos y sistemas de combustión que los utilizan en fuentes fijas y en el transporte.
NOM- EM-148-SEMARNAT-2006	Establece las especificaciones y requisitos para el proceso de recuperación de azufre de las corrientes de gas amargo de las refinerías de petróleo, con el fin de reducir las emisiones de dióxido de azufre.

ⁱ Elaboración propia basada en:

Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2004-2013*, México, SENER, 2004, p. 24.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2005-2014*, México, SENER, 2006, pp. 29-31.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2006-2015*, México, SENER, 2006, pp. 11, 13, 29-31.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2007-2016*, México, SENER, 2007, pp. 146-148.

Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2008-2017*, México, SENER, 2008, p. 152.

BIBLIOGRAFÍA

- Adame Ceròn, Miguel Ángel, *Éxtasis, misticismos y psicodelias en la posmodernidad*, México, Ítaca, 1998.
- Aguilar Rodríguez, Enrique, *Diseños de procesos en ingeniería química*, México, IPN-IMP, 2007.
- Alfie Cohen, Miriam, *Democracia y desafío medioambiental en México. Riesgos, retos y opciones en la nueva era de la globalización*, Barcelona España, Edición Pomares, 2005.
- Álvarez Chavira, Juan Carlos, *El desarrollo de la biotecnología y sus implicaciones política-económicas para los países en desarrollo*. Tesis para obtener el grado de licenciado en relaciones internacionales. UNAM, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales. México, 1992.
- Arias Chávez, José, "Las grandes bondades de la biomasa y del biogas", *Energía a debate*, México, núm. 29, año 5, tomo V, noviembre-diciembre, 2008.
- Arizpe, Lourdes, "*Diversidad, cultura y globalización*", en: Ileana Cid Capetillo, *Diversidad cultural, economía y política en un mundo global*, México, UNAM-FCPyS, 2001, p.13.
- Armenta Fraire, Leticia, *La industria petroquímica en la economía nacional*, en: José Luis Calva, *Política Energética. Agenda para el desarrollo*, vol. 8, México, UNAM, 2007.
- Arteaga, Carlos; Solís, Silvia (coordinadores), *Necesidades sociales y desarrollo humano. Un acercamiento metodológico*, México, Coed. UNAM, Plaza Valdés, 2005.
- Arroyo Pichardo, Graciela, "Paradojas del mañana: una nueva civilización, nuevos y antiguos saberes", en: Arroyo Pichardo, Graciela (coord.), *La dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y*

transformaciones, México, Cenzontle, 2006.

- _____, “Interdisciplinariedad: ¿viejo o nuevo reto?”, *Revista mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, no. 154 Año XXXVIII, Quinta época, México, UNAM, Octubre-Diciembre, 1993.
- Association for the Study of Peak Oil and Gas (ASPO), “¿Qué es el ‘pico del petróleo?’”, *Energía a debate*, núm., 27, año 5, tomo V, México, junio-agosto, 2008.
- Baran, Paul A.; Sweezy, Paul M., *El capital monopolista*, México, Siglo XXI 1968. Citado por: Eduardo Galeano, *Las venas abiertas de América Latina*, México, Siglo XXI, 1971.
- Barnés de Castro, Francisco, Mesa redonda: “La tecnología elemento clave de competitividad”, en el XXXIV Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., en: *Ingeniería Petrolera*, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., vol. XXXVI, no. 6, junio, 1996.
- Becerra Ramírez, Manuel, “La protección de la biotecnología mediante la propiedad intelectual y sus tendencias”, *Revista de Relaciones Internacionales*, Coordinación de Relaciones Internacionales, México, UNAM-FCPyS, cuarta época, núm. 88, enero-abril, 2002.
- Bolívar Zapata, Francisco G. (coord.), *Biotecnología moderna para el desarrollo de México en el siglo XXI, retos y oportunidades*, México, coed. CONACYT, FCE, 2002.
- _____, *Recomendaciones para el desarrollo y consolidación de la biotecnología en México*, México, CONACYT, 2003.
- Bonilla Calzada, Iris, “Los bioenergéticos en México: el marco legal”, *Energía a debate*, México, núm. 29, año 5, tomo V, noviembre-diciembre, 2008.
- Brañes, Raúl, *Derecho Ambiental Mexicano*, México, Fundación Universo

Veintiuno, A. C., 1987, p. 24; citado en: Jorge Muñoz Barret *et. al*, *La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992.

- Bustamante, Jorge, *Derecho ambiental, Fundamentación y normativas*, Argentina, Habedlo-Perrot, 1995, pp.
- Campbell, Colin, “¿Qué es el pico de petróleo?”, *Energía a debate*, núm. 27, año 5, tomo V, México, junio-agosto, 2008.
- Carmona, Roberto; Jones, Edgar, “Precios altos del petróleo, ¿especulación o fundamentales?”, *Energía a debate*, núm. 28, año 5, tomo V, México, septiembre-octubre, 2008.
- Césarman, Fernando. *El ecocidio permitido*, México, Ed. Gernika, Procuraduría Federal del Consumidor, 1996.
- Chapela Catañares, Gustavo Adolfo, *La investigación en el Instituto Mexicano de Petróleo*, México, IMP, 2002.
- Chauveuau, L., *Riesgos ecológicos ¿una amenaza inevitable?*, México, Editorial Larousse, 2004.
- Chavarría Fernández, Fernando, “El ocaso del petróleo: ¿estamos preparados?”, *Energía a Debate*, México, núm. 28, año 5, tomo V, septiembre octubre, 2008.
- _____, “Cuando el petróleo ya no alcanza”, *Energía a debate*, México, núm. 29, año 5, tomo V, noviembre-diciembre, 2008.
- Chow Pangtay, Susana, *Petroquímica Y Sociedad*, México, FCE, 1987.
- Connor, Steve, “El calentamiento global si ocasiona aumento de huracanes y tormentas”, *Cultura Científica y Tecnológica*, núm. 21, año 4, México, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, julio-agosto, 2007.
- Córdoba Kuthy, Alfredo, “La globalización como un proceso del desarrollo de la economía internacional”, en: Arroyo Pichardo, Graciela (coord.), *La*

dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y transformaciones, México, Cenzontle, 2006.

- Cruz de León Mojarro, José, “Plan integral de seguridad en la gerencia de perforación y mantenimiento de pozos, región Norte”, *Ingeniería Petrolera*, vol. XXXVIII, núm. 12, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A. C., diciembre, 1998.
- Dasgupta, Susmita, et. al., *The Impact of Sea Level Rise on Developing Countries: A Comparative Analysis*, World Bank Policy Research Working Paper 4136, February 2007.
- De Alba, Alicia; Biseca Arrache, Martha, “Análisis curricular de contenidos ambientales”, en: Teresa Wuest (coordinadora), *Ecología y educación*, México, UNAM, 1992.
- De Geliana Mingot, Tomás, *Gran diccionario de las ciencias*, México, Larousse, 1987.
- Delgado, Gian Carlo, *La amenaza Biológica. Mitos y falsas promesas de la biotecnología*, México, Plaza y Janés, 2002.
- Dettmer, Jorge, “Algunas contribuciones de las Ciencias Sociales al conocimiento y prevención de los desastres naturales: el caso de México”, *Revista mexicana de Ciencias Políticas y Sociales*, núm. 165, año XLI, México, UNAM-FCPyS, División de Estudios de Posgrado, julio-septiembre, 1996,
- Díaz Cartagena, Walter, *Minería, Petróleo y Medio ambiente*, Lima, Esperanza, 1999.
- Douzou, Pierre, *Las Biotecnologías*, México, FCE, 1986.
- Enríquez Márquez, Mayaudón, *El medio ambiente*, México, Fondo de Cultura Económica, 1973.
- Etienne, Guillermo B.; Menchaca S., Héctor, *El petróleo y la petroquímica*,

México, Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Enseñanza Superior, 1975.

- Fernández Linares, Luis Carlos, et. al., *Manual de técnicas de análisis de suelos aplicados a la remediación de sitios contaminados*, México, IMP, 2006.
- Fernández, María Augusta, *Ciudades en Riesgo. Degradación ambiental, riesgo urbano y desastres*, Perú, Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina, Perú, Agencia de Estados Unidos para el Desarrollo (USAID), 1996.
- Flannery, Tim, *La amenaza del cambio climático, historia y futuro*, Madrid, Taurus, 2006.
- García Páez, Benjamin, “El impacto de los altos precios del petróleo sobre los productos”, *Energía a debate*, núm., 27, año 5, tomo V, México, junio-agosto, 2008.
- García Reyes, Miguel; Ronquillo Jarillo Gerardo, *Estados Unidos, petróleo y geopolítica*, México, Plaza y Valdez, 2005.
- Giordano, Eduardo, *Las guerras del petróleo, geopolítica economía y conflicto*, Barcelona, Icaria Antrazyt, 2002.
- Goldstein, Daniel, *Biotecnología, Universidad y política*, México, Siglo XXI, 1989.
- González Aguayo, Leopoldo, “El desarrollo de la organización internacional”, en: Sepulveda, César (coord.), *Compendio de Derecho Internacional para oficiales de la Armada de México*, México, SER, 1993.
- _____, “Las Instituciones Internacionales”, en: César Sepúlveda (coordinador); *Compendio de Derecho Internacional para oficiales de la Armada de México*, México, SER – Instituto Matías Romero de Estudios Diplomáticos, segunda edición, 1993

-
- Grace, Eric S., *La biotecnología al desnudo: promesas y realidades*, España, Anagrama, 1998.
 - Hassol, Susan Joy, *Arctic Impact Assessment*, Canadá, Press Syndicate of University of Cambridge, 2004.
 - Hernández Fernández, María Aída; María del Consuelo Bonfil Sanders, *Educación Ambiental*, México, Santillana, 1997.
 - Hernández-Vela Salgado, Edmundo, *Diccionario de política internacional*, Tomo I y II, México, Porrúa, 2002.
 - Ikram, Antaki, *A la Vuelta del Milenio*, México, Planeta, 2001.
 - Instituto Mexicano del Petróleo; *Prospectiva de la investigación y el desarrollo tecnológico del sector petrolero al año 2025*, México, IMP, 2001.
 - Jonson, Rebecca L., *The greenhouse effect, life on a warmer planet*. Minnesota, Lerner Publications Company.
 - Kaplan, Marcos, "Aspectos sociopolíticos del medio ambiente", en: Antonio Azuela, et. al., *PEMEX: ambiente y energía, los retos del futuro*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1995.
 - Kennedy, Donald, "Acts of God", *Science, Reino Unido*, vol. 311. no. 5759, Enero de 2006.
 - Kerry Emanuel, *Increasing destructiveness of tropical cyclones over the past 30 years*, *Nature, Reino Unido*, Vol. 436, Num 4, Agosto 2005.
 - Lajous Vargas, Adrián, Trabajo presentado en la conferencia magistral "El petróleo y el medio ambiente", Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XXXVI, núm. 5, mayo, 1996
 - Larraín, Sara, Entre la vida y los negocios: la agenda política post Johannesburgo, en: Sara Larraín, [et. al.], *Selección de artículos de Le Monde Diplomatique. Ecología y desarrollo sustentable. Salvar el Planeta*,

Chile, Aún creemos en los sueños, 2003.

- Leff, Enrique (coord.), *Los problemas del conocimiento y la perspectiva ambiental del desarrollo*, México, Siglo XXI, 1986.
- Lovelock, James, *La venganza de la Tierra*, México, Planeta, 2007, pp. 92-93.
- Luria, S.E., *Data for a bacterium, Escherichia coli*, 1960, en: I.C. Gunsalus; R.Y. Stainer (coords.). *The Bacteria*. vol. 1, cap. 1, Nueva York, Academic Press.
- Martínez Pereda, Pedro, "Ingeniería, ambiente y entorno urbano", Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, vol. XXXVII, núm. 7, julio, 1997.
- Marx, Carlos; Engels, Federico, *Manifiesto Comunista*, La Habana Cuba, Ciencias Sociales, Instituto cubano del libro, 1971.
- McCarty, J. P., *Ecological consequences of recent climate change*, Conservation Biology, Estados Unidos de América, núm. 15, 2001.
- Melgar Paniagua, Eva M., et. al., *Análisis técnico económico del impacto ambiental por el uso del gas natural LP en México*, coed. IMP, PEMEX, 2004.
- Mitrovica, J. X., et. al., "The Sea-Level Fingerprint of West Antarctic Collapse", SCIENCE, Reino Unido, Vol. 323. No. 5915, 6 Febrero 2009.
- Moo-Young, Murray, *Comprehensive, Biotechnology*, Canadá, Universidad de Waterloo, 1985.
- Mulás del Pozo, Pablo, Mesa redonda: "La tecnología elemento clave de competitividad", en el XXXIV Congreso Nacional de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., en: *Ingeniería Petrolera*, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México A.C., vol. XXXVI, no. 6, junio, México, 1996.

-
- Muñoz Barret, Jorge, *Los recursos naturales y su protección jurídica en México*, en: Jorge Muñoz Barret, et. al., *La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992,
 - Mussons, Antonio; Villagrà, Jesús, *Tecnología e Informática*, Barcelona, Carroggio, 1999.
 - Myers G., David, *Social Psychology*, New York, McGraw-Hill, 2008.
 - Naciones Unidas; *ABC de las Naciones Unidas*, Nueva York, Departamento de Información Pública de las Naciones Unidas, 2006.
 - Nicholls, Robert J., et. al., *Increasing flood risk and wetland losses due to global sea-level rise: regional and global analices*, Reino Unido, Flood Hazard Research Centre, Middlesex University, 1999.
 - Niéstorj M., F., *El Origen del Hombre*, Moscú, Editorial MIR, 1984.
 - Ocampo Téllez, Edgar, "Agotamiento de las reservas Mundiales de Petróleo", *Petroquimex*, núm. 23, año 3, México, septiembre- octubre, 2006.
 - Odum, Eugene P., *Ecología*, México, Interamericana, 1987, p. 3, citado por: Jorge Muñoz Barret; *La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992.
 - Owen, Anthony D.; Hanley Nick, *The economist of climate change*, USA, Routledge, 2004.
 - Ostos Cetina, María del Pilar, "La tercera revolución tecnológica: tras las huellas del combustible del capitalismo", en: Arroyo Pichardo, Graciela (coord.), *La dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y transformaciones*, México, Cenzontle, 2006.
 - Páez García, Armando, "México más allá del petróleo", *Energía a debate*, México, núm. 30, año 5, tomo V, enero-febrero, 2009.

-
- Palacios Treviño, Jorge, *Tratados, legislación y práctica en México*, México, SRE – Dirección general del Acervo Histórico Diplomático, 2003,
 - Palmer, Andrew C., "Settlement of a pipeline on thawing permafrost", Cambridge Univ., Cambridge, *Journal of the Transportation Engineering Division*, Vol. 98, No. 3, Agosto 1972.
 - Paredes López, Octavio; "Retos y oportunidades de la biotecnología agroalimentaria", *Comercio Exterior*, vol. 40, núm., 12, vol. 40, México, noviembre, 1990.
 - Parker, Albert, *Contaminación del aire por la industria*, España, Reverte, 1983.
 - Pazos, Luis, *Mitos y realidades del petróleo mexicano. Ayer, hoy y mañana*, México, Diana, 1979.
 - Petras, James, *La globalización desenmascarada: el imperialismo del siglo XXI*, México, Porrúa, 2003.
 - Petróleos Mexicanos, *Informe anual 2002. Seguridad, salud y Medio ambiente*, México, PEMEX, 2002.
 - Quadri, Gabriel, *Políticas Públicas. Sustentabilidad y medio ambiente*, México, Porrúa, 2006.
 - Quintanilla, J.; Bauer, M., *Los grandes retos de PEMEX en materia ambiental*, en: Antonio Azuela, et. al., *PEMEX: Ambiente y energía. Los retos del futuro*, México, coed UNAM-IIJ, PEMEX, 1995.
 - Quiroz, Jorge A., *Análisis económico de la contaminación de aguas en América Latina*, Chile, CINDE, 1995.
 - Real Academia Española, *Diccionario de la Lengua Española*, España, Espasa Calpe, 2002.
 - Reyes Mate, Manuel, *¿Existe un espacio propio latinoamericano?*, en: Manuel Antonio Garretón, *América Latina: un espacio cultural en el mundo*

globalizado, Santa Fe de Bogotá Colombia, Convenio Andrés Bello, 2002.

- Rifkin, Jeremy, “Tiempo libre para disfrutarlo o hacer filas de desempleados”, en: Luís J. Álvarez Lozano (coord.), *Un mundo sin trabajo*, México, Bríada, 2004.
- Rioja Peregrina, Leonardo, “Naturaleza viva, poder mundial y biotecnología: algunas reflexiones en torno a nuevos rasgos de la política mundial”, en *Revista de Relaciones Internacionales*, cuarta época, núm. 88, México, UNAM-FCPyS, enero-abril, 2002.
- Rivera, Alicia, *El cambio climático: el calentamiento de la Tierra*, Madrid, Temas de debate, 2000.
- Rodríguez Mireles, Ramiro, Luis Meneses Cadena, “Proceso de gestión ambiental para la construcción y operación de ductos terrestres”, *Ingeniería Petrolera*, México, Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XL, núm. 1, enero, 2000.
- Roque, Marta, *Fundamentos éticos y teórico – metodológicos de la Educación Ambiental desde una perspectiva cubana*, [CD-ROM], Centro de Información, Gestión y Educación Ambiental. Agencia de Medio Ambiente. Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Memorias del IV Convención Internacional sobre Medio Ambiente y Desarrollo y del IV Congreso Iberoamericano de Educación Ambiental “UN MUNDO MEJOR ES POSIBLE”, 2003. Palacio de Convenciones de La Habana, Cuba.
- Saldívar, Américo, “Evaluación de los costos ecológicos del agua: bases para un desarrollo sustentable en la ciudad de México”, en: Patricia Ávila García, *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI*, México, El Colegio de Michoacán A.C, Secretaría de Urbanismo y Medio Ambiente, p. 259.
- Salgado y Salgado, José Eusebio, Organización Marítima Internacional, México, PEMEX, 1991; citado en: Avril Osorio y Humberto Celis, *La industria petrolera en el ámbito internacional y el medio ambiente*, p. 231;

en: Jorge Muñoz Barret, *et. al.*, *La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992

- Sarmiento Torres, Rocío, “Propiedades físicas y químicas del biodiesel vs. Diesel del petróleo”, *Energía a debate*, México, núm. 29, año 5, tomo V, noviembre-diciembre, 2008.
- Sarquís, David, “La dimensión histórica en el estudio de las Relaciones Internacionales: la evolución de los sistemas internacionales en la historia.”, *Revista de Relaciones Internacionales*, núm. 97, México, UNAM-FCPyS, enero –abril, 2007.
- Secretaría de Energía, *Prospectiva de petrolíferos 2004-2013*, México, SENER, 2004.
- _____, *Prospectiva de petrolíferos 2005-2014*, México, SENER, 2006.
- _____, *Prospectiva de petrolíferos 2006-2015*, México, SENER, 2006.
- _____, *Prospectiva de petrolíferos 2007-2016*, México, SENER,, 2007.
- _____, *Prospectiva de petrolíferos 2008-2017*, México, SENER, 2008.
- SEMARNAP-PROFEPA; *Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente*, México, SEMARNAP, 1997.
- Sempere, Joaquín; Riechmann, Jorge, *Sociología y medio ambiente*, Madrid, Síntesis Sociología, 2004.
- Serra Rojas, Andrés, *Derecho económico*, México, Porrúa, 1981, p. 37, citado por: Jorge Muñoz Barret, “Los recursos naturales y su protección jurídica en México”, en: Jorge Muñoz Barret, *et. al.*, *La industria petrolera ante la regulación jurídico-ecológica en México*, México, Coed. UNAM-IIJ, PEMEX, 1992.
- Soria N., Oscar, *Prospectiva: energía, medio ambiente y desarrollo sustentable para el siglo XXI. El papel de las Universidades en regiones petroleras*, Memorias del Seminario Internacional de Prospectiva, junio

2003, México, Universidad Autónoma del Carmen, 2003.

- Sosa Fuentes, Samuel, *Globalización e identidad cultural: democracia y desarrollo*, *Kaos Internacional*, Revista independiente de análisis internacional, núm. 9, año II, México, 2000.
- Strauss, W.; Mainwaring, S. J., *Contaminación del aire, causas, efectos y sol*, México, Trillas, 1990.
- Uranga Alvarado, Aimé “Medio ambiente y energías renovables: una perspectiva compleja”, en: Graciela Arroyo Pichardo (coord.), *La dinámica mundial del siglo XXI, revoluciones, procesos, agentes y transformaciones*, México, Cenzontle, 2006.
- Valdés Aguilar, Raúl, *Terminología usual sobre práctica y Derecho Diplomático*, México, SRE – Dirección general del Acervo Histórico Diplomático, 2008.
- Valdez Rubio, Víctor M., “Evaluación del estado actual de las instalaciones de la región marina suroeste después del paso del huracán Roxanne”, Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petrolero de México, A.C., vol. XXXVII, núm. 7, julio, 1997.
- Vargas Sánchez, Gustavo, *Análisis económico de un sexenio que está por concluir*, México, Castdel, 2006.
- Vargas Suárez, Rosío, “Petróleo, reforma y seguridad energética”, *Energía a debate*, núm., 27, año 5, tomo V, México, junio-agosto, 2008.
- _____; Valdés Ugalde, José Luis, *Alternativas Energéticas para el siglo XXI*, México, Centro de Investigaciones para América del Norte (CISAN), UNAM, 2006.
- Vidali, M., “Bioremediation. An overview, Pure Appl. Chem.”, Dipartimento di Chimica Inorganica, Metallorganica, e Analitica, Università di Padova Vol. 73, No. 7, 2001.

-
- Villalobos Arámbula, Victor Manuel; “Biodiversidad, como factor de desarrollo”, Ingeniería Petrolera, México, Órgano de la Asociación de Ingenieros Petroleros de México, A.C., vol. XXXVII, núm. 12, diciembre, 1997.
 - Wagner, Travis, *Contaminación, causas y efectos*, México, Gernika, 1996.
 - Wallerstein, Emmanuel, *Conocer el Mundo, Saber el mundo, el Fin de lo Aprendido. Una Ciencia Social para el siglo XXI*, México, Coed. Siglo XXI, UNAM, CIICyH, 2001.
 - Weiner, Jonathan, *Planet Earth*, Estados Unidos de América, Bantam Books, 1986, p. 132.

RECURSOS ELECTRÓNICOS

- *Acuerdo De Cooperación Ambiental De América Del Norte Entre El Gobierno De Los Estados Unidos Mexicanos, El Gobierno De Canadá Y El Gobierno De Los Estados Unidos De América* 1993, [en línea], Dirección URL, <http://semades.jalisco.gob.mx/assets/documentos/TratadosInt/AcuMexEuCnd.htm>, [consultado: 18 de Septiembre 2008].
- Advantage Austria, *Biotechnología en Austria*, [en línea], Dirección URL: <http://advantageaustria.org>, [consultado: 15 de Noviembre de 2008].
- Alhama Belamaric, Rafael; Francisco Alonso Arrastra, *Reflexiones acerca de la complejidad y jerarquización de los trabajos. transformaciones de una economía de servicios avanzados en evolución*, [en línea], Dirección URL: http://nodo50.org/cubasigloXXI/economia/alhama_310505.pdf, [consultado: 25 de Mayo de 2008].
- AMGEN, “biotecnología para la salud”, [en línea], Dirección URL: http://biotec.amgen.es/html/bio_ind.html, [consultado 12 de Noviembre de 2008]

-
- ArgenBio. Consejo Argentino para la información y el desarrollo de biotecnología. “Biotecnología blanca”, [en línea], Dirección URL: www.argenbio.org/index.php?action=novedades¬e=199 [consultado Noviembre de 2008].
 - Artic climate impact assessment (ACIA), [en línea], Impacts of a warming Artic. Executive summary: Artic climate change and its impacts. p. 2, Dirección URL: <http://amap.no/acia/> , [Consultado: 25 de Marzo de 2009].
 - Asamblea general EFB, [en línea], Dirección URL: <http://www.eurodoctor.it/biotech.html>, [consultado: 21 de Noviembre de 2008].
 - Asociación Española de Operadores de Productos Petrolíferos, [en línea], Dirección URL: <http://elpetroleo.aop.es/indexelpetroleo.asp>, [consultado: 22 de julio de 2008].
 - B. A. Sokolov (comp.), *Ekonomichiskoe aspekti neftegazaboi goeligii XXI Beka*, en Ugolnii i Neftenii Basseini b Rosii, Moscú, Moskva, 1995, p. 320. Citado por: Miguel García Reyes; Gerardo
 - BIOTECH, “Los colores de la biotecnología”. MKA publicaciones, Viernes 14 Marzo 2008 [en línea], Dirección URL: www.mkm-pi.com/mkmpi.php?article1868, [consultado: 13 Noviembre de 2008].
 - Bitrán Bitrán, Daniel, “Características del impacto socioeconómico de los principales desastres ocurridos en México en el período de 1980-99”, Coordinación de Investigación, CENAPRED, [en línea], Dirección URL: www.proteccioncivil.gob.mx, [Consultado: 1 Marzo de 2009].
 - Bonell Rosabal, Sheyla, Petróleo y biotecnología: análisis del estado del arte y tendencias, [en línea], 26 de septiembre de 2008, Dirección URL: http://bvs.sld.cu/revistas/aci/vol19_1_09/aci03109.htm, [consultado: 10 de abril de 2009].
 - BP Statistical Review of World Energy June 2008, [en línea], Dirección URL:

http://www.bp.com/liveassets/bp_internet/globalbp/globalbp_uk_english/reports_and_publications/statistical_energy_review_2008/STAGING/local_assets/downloads/pdf/statistical_review_of_world_energy_full_review_2008.pdf, [consultado: 10 de Abril de 2009].

- Bravo, Elizabeth, “Rita Katrina y la industria petrolera”, Biodiversidad en América Latina. Oilwatch, 27 septiembre de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.biodiversidadla.org>, [consultado: 27 de Marzo de 2009].
- Brock, T.D., , et. al., *Biology of microorganisms*, Englewood Cliffs, Nueva Jersey, 7th ed. Prentice Hall, 1994 en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., “Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].
- Cantú Martínez, Pedro César, *México Marco Legal Vigente En Materia Ambiental*, [en línea], Facultad de salud Pública y Nutrición, UANL, VI Congreso Regional de Químicos Farmacéuticos Biólogos, Biblioteca Universitaria “Raúl Rangel Frías”25 –27 de Agosto de 2004, Dirección URL: www.respyn.uanl.mx/especiales/ee-10-2004/ponencias-pdf/p13.pdf, [consultado: 14 de Septiembre de 2009].
- Canute James, Kingston. “Economía Devastada”, La Jornada, México, 18 de octubre de 2004, [en línea], Dirección URL: www.lajornada.unam.mx, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
- Carmona Lara, María del Carmen, *Legislación Ambiental en el Distrito Federal*, Boletín Mexicano de Derecho Comparado, UNAM, [en línea] Dirección URL: <http://www.juridicas.unam.mx/publica/rev/boletin/cont/87/art/art4.htm>, [consultado el 14 de septiembre 2008]
- Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL); *Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la biotecnología en la industria*, Octubre de 2003, p.10, [en línea], Dirección URL:

www.madrimasd.org, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

- Centro Internacional de Ingeniería Genética y Biotecnología (ICGEB), [en línea], Dirección URL: http://www.mincyt.gov.ar/coopinter_archivos/multilateral/icgeb.htm. [consultado: 4 Noviembre de 2008]
- Centro tecnológico del mar, *Evolución y comportamiento de las manchas de petróleo*, [en línea], Dirección URL: <http://www.cetmar.org>, [consultado: 25 de Marzo de 2009].
- Chen, David, et. al., “Oil: danger zones”, [en línea], New Scientist, Reino Unido, 25 de junio de 2008, Dirección URL: <http://www.newscientist.com/movie/mg19826621500-oil-danger-zones>, [consultado: 10 de Abril de 2009].
- Claude, Marcel, *Calentamiento global e impactos económicos*, [en línea], Dirección URL: marcelclaudel.cl/CalentamientoGlobal.ppt, [consultado: 27 de Mayo 2008].
- CNN Expansión, “Tormenta Eduardo cierra refinerías en EU”, 4 de Agosto 2008, [en línea], Dirección URL: www.cnnexpansion.com, [consultado: 10 de Septiembre de 2008].
- Consumer Eroski, “La influencia del petróleo en la economía mundial: Urgen alternativas más rentables y no contaminantes”, [en línea], Dirección URL: <http://revista.consumer.es>, [consultado: 29 de Marzo de 2009].
- Consumer Eroski, “El deshielo de los polos podría devolver a la vida microorganismos extinguidos hace millones de años”, 9 de Agosto 2007, [en línea], Dirección URL: www.consumer.es, [consultado: 27 de Mayo de 2008].
- Convenio sobre la Diversidad Biológica, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/convention/articles.shtml?a=cbd-02>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].

-
- Crespo, Miguel Ángel, *La biotecnología*, [en línea], Dirección URL: www.leisa.info/index.php?url=show-blob , [consultado: 17 de noviembre de 2008].
 - Cruz Serrano, Noé, “Se complica la reparación de fuga en el pozo Kab-121”, *El Universal*, México, Miércoles 21 de noviembre de 2007, [en línea], Dirección URL: <http://estadis.eluniversal.com.mx>, [consultado: 26 de Marzo 2009].
 - Departamento de biotecnología; *Biotecnología de tercera y cuarta generación*, [en línea], Dirección URL: mbbua.wetpaint.com/page/, [consultado: 20 de Noviembre de 2008].
 - *Desarrollo sostenible y educación. Una visión general de la relación hombre con la naturaleza*, [en línea], Dirección URL: [http://infoagro.net/shared/docs/a6/Desarrollo Sostenible y Educaci%C3%B3n.pdf](http://infoagro.net/shared/docs/a6/Desarrollo_Sostenible_y_Educaci%C3%B3n.pdf), [consultado: 18 de Marzo de 2008]
 - Dirección General de Universidades e Investigación Consejería de Educación Comunidad de Madrid “Biotecnología”. [en línea], Dirección URL: www.madrimasd.org, [consultado Noviembre de 2008].
 - Ecología Verde, *Medio ambiente, ecología y desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.ecologiaverde.com/wp-content/2008/10/world100-8190.jpg>, [consultado: 27 de Marzo de 2009].
 - EFE, “La producción de crudo en México cae en un 5,3% en 2007”, 21 de Enero de 2008, [en línea], Dirección URL: <http://www.soitu.es>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
 - El mundo es (Economía), “La AIE pide a España 70.000 barriles diarios de crudo para enviar a Estados Unidos”, Viernes 2 de septiembre de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.elmundo.es/mundodinero/2005/09/02/economia/1125677408.html>, [consultado: 2 de Abril de 2009].

-
- El Universal, “Producción petrolera en Golfo de EEUU se recupera tras Dennis”, Caracas, lunes 11 de julio de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://politica.eluniversal.com>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
 - End Oil Aid, “El llamado global para terminar con la ayuda al petróleo”, [en línea], Dirección URL: <http://www.endoilaid.org/globalcall/spanish/>, [consultado: 1 de abril de 2009].
 - Enkerlin, *et. al.*, *Comisión Brundtland (1987)*, [en línea], Dirección URL: <http://www.zaragoza.unam.mx/licenciaturas/biologia/desarrollosustentable/paginaweb/brundtland.htm>, [consultado: 20 Noviembre 2008].
 - Ferullo, Hugo D., *La inclusión de la solidaridad en el pensamiento económico tradicional*, [en línea], Dirección URL: <http://doc.politiquessociales.net/serv1/ferullo-3.pdf>, [consultado: 25 de Mayo de 2008].
 - Foresman, Pearson Scott, [en línea], Dirección URL: es.wikipedia.org/wiki/Boomerang, [consultado 23 de Marzo 2008].
 - Frazzetto, Giovanni, *White biotechnology*, *EMBO reports*, Revista Nature, 2003, [en línea], Dirección URL: <http://www.nature.com/embor/journal/v4/n9/full/embor928.html>, [consultado: 3 de Marzo de 2008]; y EuropaBio, *Industrial Biotech*, [en línea], Dirección URL: http://www.europabio.org/white_biotech.htm, [consultado: 3 de Marzo de 2008].
 - Friends of the Earth International, Red Oilwatch Internacional, *Deuda Ecológica y petróleo*, presentado en Praga, Septiembre de 2000, [en línea], Dirección URL: <http://www.foei.org>, [Consultado: 27 de Marzo 2009].
 - Gelbspan, Ross. El País, *Katrina y el Cambio Climático*, [en línea], 3 de Septiembre 2005, Dirección URL: <http://www.elpais.com>, [consultado: 29 de junio de 2008].
 - Gibson, D.T.; V. Subramaina. *Microbial degradation of aromatic*

hydrocarbons. pp. 52-83. In: D.T. Gibson (ed.). *Microbial degradation of organic compounds*, Nueva York, Marcel Dekker, Inc., 1984, en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., "Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].

- "Global oil refinery productions", [en línea], Dirección URL: <http://maker.geocommons.com/maps/478?page=3>, [consultado: 27 de Marzo de 2009]
- Greenpeace, *Contaminación Industrial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/espana/contaminacion/contaminacion-de-ros>, [consultada: 24 de Mayo de 2008].
- Greenpeace, *La Katrina tóxica, la otra catástrofe*, 15 septiembre 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.greenpeace.org/mexico/news/la-katrina-toxica-la-otra-cat-2>, [consultado: 1 de Abril 2009].
- Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC), *Impactos Regionales del Cambio Climático: Evaluación De la Vulnerabilidad*, Informe Especial del IPCC. Noviembre de 1997, [en línea], Dirección URL: <http://www.ipcc.ch/pdf/special-reports/spm/region-sp.pdf>, [consultado: 1 de Abril de 2009].
- Guillén, Fedro Carlos, *Educación, medio ambiente y desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.rieoei.org/oeivirt/rie11a03.htm>, [consultado: 26 de Octubre de 2007].
- Heróles, Reyes, "Pemex necesita apoyarse en otras empresas", *El Financiero*, Negocios, México, Miércoles 26 de marzo de 2008, [en línea], Dirección URL: www.financiero.com, [consultado: 3 de Marzo de 2009].
- Higuera, Cecilia, "Mueren 18 petroleros en alta mar; 7 desaparecidos", *La Crónica*, Nacional, México, Jueves 25 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.cronica.com.mx, [consultado: 29 de Marzo de 2009].

-
- IEN, *¿Por qué petróleo y gas? Suministro y demanda Mundial*. International Energy Network, 2007, [en línea], Dirección URL: <http://ieneurope.com/esp/oil-and-gas-investing.php>, [consultado: 2 de Abril de 2009].
 - Induambiental. *Residuos Industriales*. Fichas de actualidad, [en línea], Dirección URL: www.induambiental.cl/1615/article-88428.html, [consultado: 27 de Mayo de 2008].
 - Instituto Mexicano del Petróleo, [en línea], Dirección URL: <http://www.imp.mx/petroleo/petroquimica.htm>, [consultado: 22 de julio de 2008].
 - Ion Arocena; “La biotecnología verde”, MKM Publicaciones, lunes 17 de septiembre de 2007, [en línea], Dirección URL: <http://www.mkmpi.com/mkmpi.php?article493>, [consultado: 15 de Noviembre de 2008].
 - Jiménez de León, Juan Ramón, *Cambio Climático o guerra meteorológica o ambos*, 27 de Noviembre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.arcanorevista.com/grandestemas/071127.html, [consultado: 22 de Junio de 2008].
 - Jiménez, Roberto, “El cambio climático hace olas en Pemex”, Excelsior, México, 8 de Abril de 2008, [en línea], Dirección URL: www.exonline.com.mx, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
 - King, R.B, et. al., *Practical environmental bioremediation*. Lewis Publishers, Boca Raton, Florida, 1992. en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., “Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].
 - “La biotecnología industrial puede contribuir a frenar el cambio climático de Investigación”, Biotecnología en: *Biotecnología*, [en línea], Dirección URL, <http://www.biotecnologica.com/la-biotecnologia-industrial-puede-contribuir-a-frenar-el-cambio-climatico/> (Consultado Noviembre de 2008)

-
- La jornada, “Pemex: accidente y dudas” La Jornada, Año 24, Número 8328, opinión, México, Viernes 26 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.jornada.unam.mx, [consultado 27 de Marzo de 2009].
 - La voz noticias, “Pemex recupera producción, anuncia investigación accidente”, 31 de Octubre de 2007, [en línea], Dirección URL: www.azcentral.com, (consultado: 26 de Marzo de 2009).
 - Lawrence, David, National Center for Atmospheric Research, “Most of Arctic's Near-Surface Permafrost May Thaw by 2100”, December 19 de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.ncar.ucar.edu/>, [consultado: 1 de Abril de 2009].
 - López Vidal, María Del Rosario, *Espacio local y educación ambiental para el desarrollo sostenible*, [en línea], Dirección URL: <http://www.oei.es/memoriasctsi/mesa16/m16p09.pdf>, [consultado: 25 de Mayo de 2008].
 - Maramundi, *Contaminación Industrial*, [en línea], Dirección URL: <http://www.maramundi.com/contaminacion.asp?id=7>, [consultado: 24 de Mayo 2008].
 - Marí, Carlos, “Pemex, el precio de la negligencia. 500 accidentes en 5 años”. Agencia Reforma, 21 de Junio de 1998, [en línea], Dirección URL: <http://www.accessmylibrary.com>, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
 - Martínez, Eduardo, “El calentamiento global amenaza los oleoductos en el Ártico”. Tendencias Científicas, Informe del Consejo Ártico, 21 de Noviembre de 2004, [en línea], Dirección URL: www.tendencias21.net [consultado: Julio 23 2008].
 - Martos, Cristino, “El petróleo sube a 70 dólares por el temor a los daños del huracán”, Expansión, Madrid, 30 de Marzo de 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.expansion.com>, [consultado: 20 de Diciembre de 2008].
 - Minnesota Partnership for Biotechnology and Medical Genomics, “Select

global biotechnology and bioscience clusters”, Universidad de Minesota, 2005, [en línea], Dirección URL: <http://www.mbbnet.umn.edu/scmap/biotechmap.html>, [consultado: 16 de Junio de 2008].

- Muñoz, E., *Una visión de la Biotecnología: Principios políticos y problemas*. Madrid (España): Ed. Fondo Investigación Sanitaria. 1994, Citado en: Centro de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL), *Plan de Acción para el Mediterráneo. Aplicaciones de la biotecnología en la industria*, Octubre de 2003, p.10, [en línea], Dirección URL: www.madrimasd.org, [consultado: 28 de noviembre de 2008].
- NBC (News Broadcasting Channel), “Proposed Arctic pipeline obstacle: Warming. Canada holding hearings on safety of \$6 billion natural gas plan”, 17 de febrero de 2006, [en línea], Dirección URL: <http://www.msnbc.msn.com/id/11383809/>, [consultado: 1 de Abril de 2009]. (Traducción Libre).
- Neofronteras, “Las aguas superficiales calientes crearon el Katrina”, Noticia de ciencia y Tecnología, 8 de Octubre 2005, [en línea], Dirección URL: www.neofronteras.com, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
- Nerín de la Puerta, Cristina, *Urbanismo e Ingeniería ambiental*. Catedrática de Universidad en el área de Química Analítica Centro Politécnico Superior de Ingenieros. España, Universidad de Zaragoza, [en línea], Dirección URL: <http://www.etsav.upc.es/personals/monclus/cursos/1301.htm> [Consultado: 24 de Mayo 2008]
- North Carolina Biotechnology Center, [en línea], Dirección URL: <http://www.ncbiotech.org/>, [consultado: 21 de noviembre de 2008].
- Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas, *Hacia una futura política marítima de la Unión: perspectiva europea de los océanos y los mares*, Bélgica, 2006, [en línea], Dirección URL: http://ec.europa.eu/maritimeaffairs/pdf/greenpaper_brochure_es.pdf,

[consultado: 15 de Noviembre de 2008].

- Oilwatch, *Nigeria: No More Oil Blocks! Let's leave the oil under the Ground*, Abril de 2009, [en línea], Dirección URL: <http://www.oilwatch.org>, [consultado: 10 de Abril de 2009]. (Traducción Libre)
- Oliveras, Eliseo, "La UE asegura la ruina del turismo del sur por el calentamiento global", *El Periódico Extremadura*, sociedad, España, Miércoles 10 de enero 2007, [en línea], Dirección URL: www.elperiodicoextremadura.com/noticias/noticia.asp?pkid=279331, [consultado: 20 de marzo de 2009].
- ONUDI, "Foro Global de Biotecnología", [en línea], Dirección URL: <http://www.onudi.org.uy/xnwslite>, [consultado: 4 Noviembre de 2008]
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), [en línea], Dirección URL: <http://www.fao.org>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].
- Perfil Ambiental de Petróleos Mexicanos 1982-1988, Cultura Ecológica A.C, 1988; con datos de: "Estudios de Impacto Ambiental del Entorno de la Agencia de Ventas en Ávalos, Chihuahua", Pemex, 1991; "Estudios de Impacto Ambiental de la Infraestructura Portuaria de Salinas Cruz, Oaxaca", Pemex, 1993; Impacto Ambiental en el Entorno del Complejo Petroquímico Nuevo Pemex, Pemex, 198. Modificación realizada por: Instituto Nacional de Ecología, Industria petrolera [en línea], Dirección URL: <http://www.ine.gob.mx>, [consultado: 15 de Julio de 2008].
- Petróleo YV, "Petróleo sube por formación de nueva tormenta en Golfo de México", 17 Octubre de 2005, [en línea], Dirección URL: www.petroleoyv.com, [consultado: 27 de Marzo de 2009].
- Plan Nacional de Desarrollo, [en línea], Dirección URL: <http://pnd.calderon.presidencia.gob.mx/index.php?page=sustentabilidad-ambiental>, [consultado: 14 de septiembre de 2008]

-
- Protocolo de Cartagena sobre Seguridad de la Biotecnología del Convenio Sobre la Diversidad Biológica, Montreal, 2000, [en línea], Dirección URL: <http://www.cbd.int/doc/legal/cartagena-protocol-es.pdf>, [consultado: 28 de noviembre de 2008].
 - Puig, Vidal I. Ibarra; Nicté Cuxta Manrique Muñoz Ledo, *II Congreso Interdisciplinario Sobre Globalización, Comercio Internacional y Empresas Mexicanas*, [en línea], Dirección URL: www.unicaribe.edu.mx/general/anuncios/observatorio/presentacion%20ii%20congreso.pdf, [consultado: 29 de Abril de 2008].
 - R.M., Atlas, “Biodegradation of hydrocarbons in the environment”. 1986. en: G.S. Omen (coord.), *Environmental biotechnology, reducing risks from environmental chemicals through biotechnology*, Nueva York, Plenum Press, en: Randy H. Adams Schroeder, et. al., “Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].
 - Red de Agricultura Sustentable (RAS), *Información para la sustentabilidad. Transgénicos. Organismos genéticamente modificados*, [en línea], Dirección URL: www.agrisustentavel.com/ogm/t221200.htm, [consultado: 20 de Noviembre de 2008].
 - Revista Electrónica Barrameda Sofá Corporation, “El calentamiento global preocupa a Wall Street”, Argentina, 15 de Diciembre de 2006, [en línea], Dirección URL: www.barrameda.com, [consultado: 27 de Mayo de 2008].
 - Rigzone, [en línea], Dirección URL: www.rigzone.com, [consultado: 26 de Marzo de 2009].
 - Roa Romero, Gabriela, *Reducción de empleo en industria del banano*, Nicaragua, La Prensa Edición núm. 22350, Jueves 26 de Abril de 2001, [en línea], Dirección URL: www.laprensa.com.ni, [consultado: 28 de Marzo de 2009].

-
- Sandoval A., Alan, “Los crudos mexicanos, sus características”, Sector e industria eléctricos, boletín IIE, marzo/abril, México, 2008, [en línea], Dirección URL: <http://www.iie.org.mx/publica/bolmj98/secmj98.htm>, [consultado: 8 de Abril de 2009].
 - Saviotti, Pier Paolo, *Informe de vigilancia tecnológica serie informes de tecnologías clave de la Comisión Europea. Biotecnología*, [en línea], Dirección URL: <http://www.madrimasd.org>, [consultado: 17 de noviembre de 2008].
 - Secretaría de Energía (SENER), *Información básica sobre energía. Refinación, Gas natural y petroquímica*. [en línea], Dirección URL: <http://200.23.166.141/wb/SenerNva/ibReg3>, [consultado: 22 de Julio 2008].
 - Secretaría de Energía, *Procesos de Refinación*, Argentina, Ministerio de Planificación Federal, Inversión Pública y Servicios, [en línea], Dirección URL: <http://energia3.mecon.gov.ar/contenidos/>, [consultado: 12 de Abril de 2009].
 - Secretaría de Energía, Subsecretaría de Hidrocarburos, D. G. de Desarrollo Industrial de Hidrocarburos, [en línea], Dirección URL: <http://www.sener.gob.mx/webSener/portal/index.jsp?id=86>, [consultado: 22 julio de 2008].
 - Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); Instituto Nacional de Ecología (INE), *Industria petrolera*, [en línea], Dirección URL: http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/16/parte3_13.html, [consultado: 25 de Julio de 2008].
 - Sharabi, N.E.-D.; R. Bartha, “Testing some assumptions about biodegradability in soil as measured by carbon dioxide evolution”. *Appl. Environ. Microbiol*, núm. 59 pp. 1201-1205 en: Randy H. Adams Schroeder (et. al.), “Potencial de la biorremediación de suelo y agua impactados por petróleo en el Trópico Mexicano, p. 162, [en línea], Dirección URL: www.chapingo.mx, [consultado: 4 Noviembre de 2008].

-
- Stern, Sir Nicholas, “Stern Review on the Economics of Climate Change”, [en línea], Dirección URL: [http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Part III Introduction Group.pdf](http://www.hm-treasury.gov.uk/d/Part_III_Introduction_Group.pdf), [consultado: 20 de Marzo de 2009].
 - U.S. Department of Energy. “Economic Effects of High Oil Prices”, Energy Information Administration. Official Energy Statistics from the U.S Government, [en línea], Dirección URL: http://www.eia.doe.gov/oiaf/aeo/otheranalysis/aeo_2006analysispapers/efhop.html, [consultado: 2 de abril de 2009]. (Traducción Libre)
 - United Nations Framework Convention on Climate Change. [en línea], Dirección URL] www.unfccc.it, [consultado: 12 de septiembre 2008]
 - Vargas Hernández, José Manuel, *Desarrollo de la Legislación Ambiental en México*, Instituto Nacional de Ecología (INE), [en línea] Dirección URL: <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/395/vargas.html>, [consultado: 14 de Septiembre de 2008].
 - Versatel, “Oil Rig Disasters”, Traducción Libre, [en línea], Dirección URL: (http://home.versatel.nl/the_sims/rig/h-rita.htm, [consultado: 28 de Marzo de 2009].
 - Victorian Government Initiative, *Climate Change and Infrastructure. Planning Ahead*, Canadá, pp. 1-5, [en línea], Dirección URL: www.climatechange.vic.gov.au, [consultado: 1 de Abril de 2009].